

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

Н. И. Апасюхина

## **ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА**

Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности  
1-03 02 01 «Физическая культура»

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой  
2024

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 796:612(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией гуманитарного факультета (протокол № 10 от 26.06.2024)

Кафедра физической культуры и спорта

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

доц., зав. кафедрой спортивно-педагогических дисциплин

Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

О. В. ПРОКОПОВ (протокол № 10 от 19 июня 2024 г.);

канд. биол. наук, доц., зав. кафедрой физической культуры и спортивной медицины

Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

О. Н. МАЛАХ

**Апрасюхина, Н. И.**

Физиология спорта [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс / Н. И. Апрасюхина. – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2024. – URL:

ISBN 978-985-531-884-3.

Представлены лекционный курс, в котором изложены основные теоретические положения физиологии спорта, учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине, лабораторный практикум.

Содержание ЭУМК соответствует государственному образовательному стандарту по специальности высшего образования и учебной программе дисциплины «Физиология спорта».

Предназначен для студентов специальности 1-03 02-01 «Физическая культура».

**№ госрегистрации**

**ISBN 978-985-531-884-3**

© Апрасюхина Н. И., 2024

© Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2024

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Физиология спорта» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Электронный учебно-методический комплекс включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство

Редактор *Т. А. Дарьянова*  
Компьютерный дизайн: *отдел по связям с общественностью*

---

Подписано к использованию 18.10.2024.  
Объем издания 2,16 Мб. Заказ 314.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014., перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	8
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА .....	9
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА» (дневная форма получения высшего образования) .....	14
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА» (заочная форма получения высшего образования) .....	19
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (дневная форма получения высшего образования) .....	21
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (заочная форма получения высшего образования) .....	22
ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ (дневная форма получения высшего образования) .....	23
ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ .....	24
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .....	26
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ .....	29
<b>ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС .....</b>	<b>30</b>
<b>Лекции 1 – 2</b>	
<b>ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ СПОРТА. АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА .....</b>	<b>30</b>
1. Предмет и основные задачи физиологии спорта .....	30
2. Этапы становления и развития физиологии спорта .....	32
3. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии .....	35
4. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам .....	40
5. Функциональная система адаптации. Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам .....	43
6. Понятие о физиологических резервах организма .....	47
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	48
<b>Лекция 3</b>	
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ .....</b>	<b>49</b>
1. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках .....	49
2. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной мощности .....	52
3. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности .....	53
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	54
<b>Лекция 4</b>	
<b>ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ .....</b>	<b>55</b>
1. Общая характеристика двигательных умений и навыков .....	55
2. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков .....	58
3. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков .....	62
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	64

## Лекции 5 – 6

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

<b>И ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ</b> .....	65
1. Критерии классификации спортивных упражнений .....	65
2. Современная классификация физических упражнений .....	66
3. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок .....	68
4. Физиологическая характеристика стандартных циклических и ациклических движений .....	71
4.1. Стандартные циклические движения .....	71
4.2. Стандартные ациклические движения .....	75
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	78

## Лекции 7 – 8

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....

1. Роль эмоций при спортивной деятельности .....	79
2. Предстартовые состояния. Формы проявления и физиологические механизмы предстартовых состояний .....	82
3. Характеристика функциональных состояний, связанных с мышечной деятельностью .....	85
3.1. Физиологическая характеристика разминки.....	85
3.2. Физиологическая характеристика вработывания.....	88
4. Виды устойчивого состояния. Физиологические особенности устойчивого состояния при циклических упражнениях .....	90
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	92

## Лекции 9 – 10

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ТРЕНИРОВАННОСТИ.....

1. Физиологические основы процесса тренировки. Специфические принципы тренировки.....	92
2. Физиологические основы состояния тренированности .....	95
3. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя (Показатели функциональной подготовленности в покое).....	97
4. Функциональная подготовленность спортсменов при стандартных и предельных нагрузках .....	99
5. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения.....	101
5.1. Перетренированность.....	101
5.2. Перенапряжение .....	107
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	108

## Лекции 11 – 12

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УТОМЛЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ .....

1. Определение утомления. Характеристика и физиологические механизмы развития утомления .....	109
2. Факторы утомления и состояние функций организма .....	118
3. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок .....	121
4. Хроническое утомление и переутомление .....	123
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	124

## Лекции 13 – 14

<b>ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	125
1. Общая характеристика процессов восстановления .....	125
2. Физиологические механизмы восстановительных процессов .....	127
3. Физиологические закономерности восстановительных процессов .....	128
4. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления .....	131
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	134

## Лекция 15

<b>СПОРТИВНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ</b> .....	135
1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность .....	135
1.1. Влияние повышенной температуры и влажности .....	135
1.2. Влияние пониженной температуры .....	137
2. Спортивная работоспособность в условиях измененного барометрического давления.....	137
2.1. Влияние пониженного барометрического давления.....	138
2.2. Влияние повышенного барометрического давления .....	140
3. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий .....	144
Вопросы для аудиторного и самоконтроля .....	146

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**.....

147

### **ВВЕДЕНИЕ** .....

147

#### Лабораторная работа 1

### **ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

#### **СПОРТСМЕНА**.....

148

#### Лабораторная работа 2

### **РАСЧЕТ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ**

#### **(по Баевскому Р. М., 1997)** .....

151

#### Лабораторная работа 3

### **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА К ГИПОКСИИ**.....

156

#### Лабораторная работа 4

### **ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**.....

159

#### Лабораторная работа 5

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНА**.....

160

#### Лабораторная работа 6

### **ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА** .....

163

#### Лабораторная работа 7

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА** .....

169

#### Лабораторная работа 8

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УТОМЛЕНИЯ**

### **И СЛЕДОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**.....

174

### **ЛИТЕРАТУРА**.....

175

## ВВЕДЕНИЕ

В системе подготовки специалистов физической культуры и спорта все возрастающее значение приобретают знания физиологических процессов, происходящих в организме спортсменов во время тренировочной и соревновательной деятельности.

Физиология спорта – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности и обосновывающий практические мероприятия по повышению ее эффективности.

Физиология спорта относится к специальным дисциплинам, которые изучаются в учреждениях высшего образования студентами специальности 1-03 02 01 «Физическая культура». Как учебная и научная дисциплина, «Физиология спорта» занимает важное место в теории физической культуры, составляя фундамент знаний, необходимых преподавателю и тренеру для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов.

Знания физиологических изменений, происходящих в организме человека под влиянием различных по направленности физических упражнений, и механизмов регуляции функций необходимы педагогам и тренерам для эффективного решения задач в области физического воспитания и спорта: чтобы научно обоснованно строить и совершенствовать тренировочный процесс, избегать переутомления и перенапряжения спортсменов и не причинить вреда здоровью тренирующихся. Они также должны понимать суть изменений, возникающих в организме спортсмена в реабилитационном периоде, чтобы активно и грамотно влиять на них, ускоряя восстановительные процессы.

Электронный учебно-методический комплекс (далее ЭУМК) включает систематизированные учебно-методические материалы по учебной дисциплине «Физиология спорта» и предназначен для использования в образовательном процессе при получении высшего образования для подготовки студентов по специальности 1-03 02 01 «Физическая культура».

В ЭУМК материал представлен в соответствии с учебной программой учреждения высшего образования по дисциплине «Физиология спорта».

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АД – артериальное давление
- АТФ – аденозинтрифосфорная кислота
- ВНС – вегетативная нервная система
- ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
- ДА – двигательная активность
- ДЕ – двигательные единицы
- ЖЕЛ – жизненная емкость легких
- ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
- КрФ – креатинфосфат
- МОД – минутный объем дыхания
- МОК – минутный объем крови
- МПК – максимальное потребление кислорода
- ОДА – опорно-двигательный аппарат
- ОФП – общая физическая подготовка
- ПД – потенциал действия
- ПОЛ – перекисное окисление липидов
- СО – систолический объем (или ударный объем крови)
- ЦНС – центральная нервная система
- ЧСС – частота сердечных сокращений
- УОК – ударный объем крови (или систолический объем)
- ЭКГ – электрокардиограмма
- ЭМГ – электромиограмма
- ЭЭГ – электроэнцефалограмма



## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Введение в физиологию спорта**

Предмет и основные задачи физиологии спорта. Связь физиологии спорта с другими учебными и научными дисциплинами: физиологией, анатомией, биохимией, биомеханикой, гигиеной, психологией и др. Физиология спорта как основа теории и методики физической культуры, педагогики, спортивной медицины, лечебной физкультуры.

Методология исследования. Этапы становления и развития физиологии спорта. Роль Л. А. Орбели, А. Н. Крестовникова, Е. К. Жукова, Н. В. Зимкина и других ученых в развитии физиологии спорта. Значение спортивной физиологии для теории и практики физической культуры и спорта.

### **Тема 2. Адаптация к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма**

Определение адаптации. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии. Стадия физиологического напряжения, адаптированности, дезадаптации и реадаптации. Цена адаптации. Механизмы адаптации к тренировочным нагрузкам.

Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам. Этапы адаптации: срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам. Долговременная адаптация к мышечной деятельности как основа роста тренированности спортсмена. Функциональная система адаптации. Аfferентное, центральное регуляторное, эффекторное звенья функциональной системы.

Понятие о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация. Повышение и использование физиологических резервов организма в процессе спортивной тренировки.

### **Тема 3. Функциональные изменения в организме при физических нагрузках**

Адаптивные изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках. Изменения, происходящие в ЦНС, двигательном аппарате, дыхательной, сердечно-сосудистой, системе крови и других системах организма. Влияние физической нагрузки на процессы пищеварения, обмен веществ и энергии.

Потребление кислорода при мышечной деятельности. Кислородный запрос, кислородный приход, кислородный долг.

Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной и переменной мощности. Контроль изменений вследствие тренировочного процесса.

#### **Тема 4. Физиологические механизмы и закономерности формирования двигательных навыков**

Условия образования двигательных навыков. Роль афферентного синтеза и акцептора результатов действия в формировании двигательного навыка. Физиологические закономерности и фазы формирования двигательных навыков: фаза генерализации, концентрации и стабилизации.

Роль дифференцировочного торможения в формировании двигательного навыка. Автоматизация движений. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков. Надежность и нарушения двигательных навыков, их дезавтоматизация.

#### **Тема 5. Физиологическая классификация и характеристика физических упражнений**

Критерии классификации спортивных упражнений. Современная классификация спортивных упражнений, разработанная В. С. Фарфелем (1970). Структура спортивных движений.

Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок. Феномен статических усилий.

Физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Работа максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности. Характеристика двигательных функций. Особенности обмена энергии. Состояние вегетативных функций. Обеспечение организма кислородом.

Физиологическая характеристика стандартных ациклических движений. Физиологическая характеристика нестандартных движений. Пути энергообразования. Состояние двигательных и вегетативных функций.

#### **Тема 6. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности**

Роль эмоций при спортивной деятельности. Предстартовые состояния. Изменения функций в предстартовом состоянии. Формы проявления

и физиологические механизмы предстартовых состояний. Регуляция предстартовых состояний. Роль разминки в регуляции предстартовых состояний.

Физиологические механизмы вработывания и разминки. Значение разминки для предрабочего растяжения мышц, активизации в них местных процессов, регуляции вегетативных функций в соответствии с характером предстоящего упражнения. Влияние разминки на состояние нервной системы и вегетативные функции. Значение продолжительности разминки и интервалов отдыха между окончанием разминки и началом основной работы.

Вработывание как рабочий период. Условия, влияющие на длительность вработывания при выполнении различных спортивных упражнений. Физиологические механизмы возникновения состояний «мертвой точки» и «второго дыхания».

Устойчивое состояние при циклических упражнениях. Виды устойчивого состояния и механизм его возникновения. Физиологические особенности устойчивого состояния при циклических упражнениях.

### **Тема 7. Физиологические основы развития тренированности**

Физиологическая характеристика тренировки и состояния тренированности. Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки (единство общей и специальной подготовки, непрерывность тренировочного процесса, постепенное увеличение физических нагрузок, цикличность тренировочного процесса и др.). Основные функциональные эффекты тренировки (усиление максимальных функциональных возможностей организма и повышение эффективности работы его систем).

Тренированность и состояние спортивной формы спортсмена. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя. Особенности реакций организма спортсменов на стандартные и предельные нагрузки.

Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения. Профилактика состояний перетренированности и перенапряжения.

### **Тема 8. Физиологические основы утомления спортсменов**

Понятие об утомлении. Биологическое значение утомления. Утомление как временное снижение работоспособности. Теории утомления (центрально-нервная и гуморально-локалистические).

Работоспособность спортсмена и физиологические механизмы развития утомления при физических нагрузках. Объективные и субъективные признаки утомления. Факторы утомления и состояние функций организма. Физиологические изменения в функциональных системах организма при развитии утомления.

Физиологические особенности возникновения утомления при различных видах физических нагрузок. Понятие о предутомлении (скрытое утомление). Хроническое утомление, переутомление.

### **Тема 9. Физиологическая характеристика процессов восстановления**

Характеристика и физиологические механизмы восстановительных процессов. Основные процессы восстановительного периода (ликвидация кислородного долга, восстановление энергетических и пластических ресурсов, нормализация гомеостатических показателей и т.д.).

Физиологические закономерности восстановительных процессов: неодновременность, гетерохронность, фазность, избирательность и тренируемость восстановления функций после тренировочных и соревновательных нагрузок. Факторы, влияющие на скорость восстановления.

Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления. Физиологические и фармакологические средства, повышающие спортивную работоспособность. Гормональные средства. Проблема допинга в спорте.

### **Тема 10. Влияние факторов окружающей среды на спортивную работоспособность**

Физиологические реакции и спортивная работоспособность при повышенной и пониженной температуре и влажности окружающей среды. Особенности терморегуляции в условиях повышенной температуры и влажности воздуха. Физиологическая характеристика факторов, снижающих физическую работоспособность (перегревание, дегидратация, снижение кислородтранспортных возможностей сердечно-сосудистой системы). Тепловая адаптация.

Спортивная работоспособность в условиях пониженной температуры окружающей среды. Изменение функций организма при холодовом воздействии. Акклиматизация к пониженной температуре. Особенности обменных процессов.

Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления. Факторы, действующие на организм человека в условиях среднегорья и высокогорья. Адаптация к гипоксии. Работоспособность спортсменов во время и после пребывания в среднегорье.

Физиологические реакции при повышенном барометрическом давлении.

Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий. Биологические ритмы человека. Циркадные ритмы. Ритмы и адаптация. Формирование новой суточной периодики при смене временных поясов. Механизмы акклиматизации.

Закономерности физиологической адаптации при спортивной тренировке в различных условиях среды, смене временных поясов.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА»**  
(дневная форма получения высшего образования)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента		
1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>1. Введение в физиологию спорта.</b> <b>2. Адаптация к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма</b>	4	2	2			
1–2.1	1. Предмет и основные задачи физиологии спорта. 2. Этапы становления и развития физиологии спорта. 3. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии	2				[1–3] [4; 5]	Устный опрос
2.2	1. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам. 2. Функциональная система адаптации. 3. Понятие о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация	2				[1–3] [4; 5]	Устный опрос
2.3	Лабораторная работа 1. Оценка адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсмена (ортостатическая проба, проба Мартине).			2		[11]	Устный опрос
2.4	Практическое занятие 1. Введение в физиологию спорта. Адаптация к физическим нагрузкам. 1. Предмет и основные задачи физиологии спорта. Методология исследования		2			[1–3] [4; 5]	Устный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8
	2. Потребление кислорода при мышечной деятельности. Кислородный запрос, кислородный приход, кислородный долг. 2. Стадии развития адаптационных процессов, их физиологическая характеристика. Цена адаптации						
	<b>3. Функциональные изменения в организме при физических нагрузках</b>	2	2	4			
3.5	1. Адаптивные изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках. 2. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной мощности. 3. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности	2				[1] [6; 7]	Устный опрос
3.6	Лабораторная работа 2. Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения			2		[11]	Устный опрос. Защита лабораторных работ*
3.7	Лабораторная работа 3. Оценка степени адаптации организма спортсмена к гипоксии			2		[11]	Устный опрос. Защита лабораторных работ*
3.8	Практическое занятие 2. Адаптация к физическим нагрузкам. Изменения функций при физических нагрузках		2			[1–3] [4–7]	Контрольная работа*
	<b>4. Физиологические механизмы и закономерности формирования двигательных навыков</b>	2					
4.9	1. Физиологические закономерности и фазы формирования двигательных навыков. 2. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков.	2				[1; 2]	Устный опрос
	<b>5. Физиологическая классификация и характеристика физических упражнений</b>	4	2				
5.10	1. Критерии классификации физических упражнений. Классификация физических упражнений						

1	2	3	4	5	6	7	8
	2. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок. 3. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений (работа максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной зон мощностей)	2				[1; 3] [4; 6; 7]	Устный опрос
5.11	1. Физиологическая характеристика стандартных ациклических движений. 2. Физиологическая характеристика нестандартных движений	2				[1; 3] [4; 6; 7]	Устный опрос
5.12	Практическое занятие 3. Физиологическая классификация и характеристика физических упражнений 1. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок. Феномен Линдгарта–Верещагина. 2. Физиологическая характеристика стандартных циклических и ациклических движений. 3. Физиологическая характеристика нестандартных движений		2			[1; 3] [4; 6; 7]	Устный опрос
	<b>6. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности</b>	4		4			
6.13	1. Значение эмоций и психофизиологические механизмы проявления эмоций. 2. Формы проявления и физиологические механизмы предстартовых состояний.	2				[1; 2] [6; 7]	Устный опрос
6.14	1. Характеристика функциональных состояний, связанных с мышечной деятельностью. 2. Физиологические механизмы разминки и вработывания. Механизмы возникновения состояний «мертвой точки» и «второго дыхания»	2				[1; 2] [6; 7]	Устный опрос
6.15	Лабораторная работа 4. Оценка функционирования вегетативной нервной системы (определение вегетативного индекса Кердо)			2		[11]	Устный опрос. Защита лабораторных работ*



1	2	3	4	5	6	7	8
6.16	Лабораторная работа 5. Оценка состояния физической работоспособности спортсмена			2		[11]	Устный опрос. Защита лабораторных работ*
	<b>7. Физиологические основы развития тренированности</b>	4	2	2			
7.17	1. Физиологические основы процесса тренировки. 2. Физиологические основы состояния тренированности. 3. Проявление функциональной подготовленности в условиях относительного мышечного покоя	2				[1–3] [4–7; 10]	Устный опрос
7.18	Лабораторная работа 6. Оценка функционального состояния вестибулярного аппарата (проба Ромберга, тест Яроцкого)			2		[11]	Устный опрос. Защита лабораторных работ*
7.19	1. Функциональная подготовленность спортсменов при стандартных и предельных нагрузках. 2. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения	2				[1; 2] [6; 7; 9]	Устный опрос
7.20	Практическое занятие 4. Физиологическая характеристика физических упражнений, состояний организма при спортивной деятельности. Физиологические основы развития тренированности		2			[1–3] [4–7]	Контрольная работа*
	<b>8. Физиологические основы утомления спортсменов</b>	4		4			
8.21	1. Характеристика и физиологические механизмы развития утомления. 2. Факторы утомления и состояние функций организма при утомлении	2				[1–3] [4–10]	Устный опрос
8.22	Лабораторная работа 7. Оценка состояния нервно-мышечного аппарата (по данным максимальной частоты движения кисти (теппинг-тест) и точности мышечных усилий)			2		[11]	Устный опрос
8.23	1. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок	2				[1–3] [4–10]	Устный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8
	2. Понятие о переутомлении. Хроническое утомление и переутомление						
8.24	Лабораторная работа 8. Определение физиологических закономерностей утомления и следовых изменений работоспособности			2		[11]	Устный опрос Защита лабораторных работ*
	<b>9. Физиологическая характеристика процессов восстановления</b>	4					
9.25	1. Общая характеристика процессов восстановления. 2. Физиологические механизмы восстановительных процессов. 3. Физиологические закономерности восстановительных процессов	2				[1–3] [4–7; 9]	Устный опрос
9.26	1. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления. 2. Проблема допинга в спорте	2				[1–3] [4–7; 9]	Устный опрос
	<b>10. Влияние факторов окружающей среды на спортивную работоспособность</b>	2					
10.27	1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность. 2. Спортивная работоспособность в условиях измененного барометрического давления. Адаптация к гипоксии. 3. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий	2				[1; 2] [6; 8]	Устный опрос
	<b>Итого</b>	30	8	16			

\* – мероприятия текущего контроля

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА»  
(заочная форма получения высшего образования)**

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента		
1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>1. Введение в физиологию спорта. Адаптация к физическим нагрузкам</b>	2					
1.1	1. Предмет и основные задачи физиологии спорта. 2. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии. 3. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам.	2				[1–3] [4; 5]	Устный опрос
	<b>2. Функциональные изменения в организме при физических нагрузках</b>		2				
2.2	1. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках. 2. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной и переменной мощности.		2			[1] [6; 7]	Устный опрос
	<b>3. Физиологическая классификация и характеристика физических упражнений</b>	4					
3.3	1. Критерии классификации физических упражнений. 2. Классификация физических упражнений. 3. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок	2				[1] [6; 7]	Устный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8
	4. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений						
3.4	1. Физиологическая характеристика стандартных ациклических движений. 2. Физиологическая характеристика нестандартных движений	2				[1] [6; 7]	Устный опрос
	<b>4. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности</b>		2				
4.5	1. Разновидности предстартовых состояний и их регуляция. 2. Физиологическая характеристика разминки. Роль разминки в подготовке организма к предстоящей работе. 3. Физиологические механизмы вработывания. Состояния «мертвой точки» и «второго дыхания»		2			[1; 2] [6; 7]	Устный опрос
	<b>5. Физиологические основы развития тренированности</b>		2				
5.6	1. Тренированность и состояние спортивной формы спортсмена. 2. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения		2			[1; 2] [6; 7; 9]	Устный опрос
	<b>6. Физиологические основы утомления спортсменов</b>	2					
6.7	1. Характеристика и физиологические механизмы развития утомления. 2. Факторы утомления и состояние функций организма. 3. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок. 4. Хроническое утомление и переутомление	2				[1–3] [4–10]	Устный опрос
	<b>Итого</b>	8	6				

## **ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

(дневная форма получения высшего образования)

### **Практическое занятие 1**

Введение в физиологию спорта. Адаптация к физическим нагрузкам

1. Предмет и основные задачи физиологии спорта. Методология исследования.
2. Потребление кислорода при мышечной деятельности. Кислородный запрос, кислородный приход, кислородный долг.
3. Стадии развития адаптационных процессов, их физиологическая характеристика. Цена адаптации.

### **Практическое занятие 2**

Адаптация к физическим нагрузкам. Изменения функций при физических нагрузках

### **Практическое занятие 3**

Физиологическая классификация и характеристика физических упражнений

1. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок. Феномен Линдгарта – Верещагина.
2. Физиологическая характеристика стандартных циклических и ациклических движений.
3. Физиологическая характеристика нестандартных движений.

### **Практическое занятие 4**

Физиологическая характеристика физических упражнений, состояний организма при спортивной деятельности.

Физиологические основы развития тренированности

## **ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

(заочная форма получения высшего образования)

### **Практическое занятие 1**

Функциональные изменения в организме при физических нагрузках

1. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках: изменения, происходящие в ЦНС, двигательном аппарате, в дыхательной, сердечно-сосудистой системах, системе крови и др. при физических нагрузках.

### **Практическое занятие 2**

Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности

1. Разновидности предстартовых состояний и их регуляция.
2. Физиологическая характеристика разминки. Роль разминки в подготовке организма к предстоящей работе.
3. Физиологические механизмы вработывания. «Мертвая точка». «Второе дыхание».

### **Практическое занятие 3**

Физиологические основы развития тренированности

1. Тренированность и состояние спортивной формы спортсмена.
2. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

(дневная форма получения высшего образования)

### **Лабораторная работа 1**

Оценка адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсмена (ортостатическая проба, проба Мартине)

### **Лабораторная работа 2**

Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения

### **Лабораторная работа 3**

Оценка степени адаптации организма спортсмена к гипоксии

### **Лабораторная работа 4**

Оценка функционирования вегетативной нервной системы (определение вегетативного индекса Кердо)

### **Лабораторная работа 5**

Оценка состояния физической работоспособности спортсмена

### **Лабораторная работа 6**

Оценка функционального состояния вестибулярного аппарата (проба Ромберга, тест Яроцкого)

### **Лабораторная работа 7**

Оценка состояния нервно-мышечного аппарата (по данным максимальной частоты движения кисти (теппинг-тест) и точности мышечных усилий)

### **Лабораторная работа 8**

Определение физиологических закономерностей утомления и следовых изменений работоспособности

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Предмет и основные задачи физиологии спорта.
2. Этапы становления и развития физиологии спорта.
3. Адаптация к физическим нагрузкам. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии.
4. Цена адаптации.
5. Срочная адаптация к физическим нагрузкам.
6. Долговременная адаптация к физическим нагрузкам.
7. Функциональная система адаптации.
8. Физиологические резервы организма, их характеристика и классификация.
9. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках (изменения, происходящие в ЦНС, двигательном аппарате, дыхательной системе).
10. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках (изменения, происходящие в системе крови, сердечно-сосудистой, выделительной и др. системах).
11. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной мощности.
12. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности.
13. Общая характеристика двигательных умений и навыков.
14. Этапы формирования двигательных навыков.
15. Стадии формирования двигательных навыков.
16. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков.
17. Критерии классификации спортивных упражнений.
18. Физиологическая классификация физических упражнений.
19. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Работа максимальной мощности.
20. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Работа субмаксимальной мощности.
21. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Работа большой мощности.
22. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Работа умеренной мощности.
23. Физиологическая характеристика стандартных ациклических движений.
24. Физиологическая характеристика нестандартных движений.
25. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок.



26. Роль эмоций при спортивной деятельности.
27. Предстартовые состояния. Формы проявления и физиологические механизмы предстартовых состояний.
28. Физиологическая характеристика разминки.
29. Физиологическая характеристика вработывания.
30. Виды устойчивого состояния. Физиологическая характеристика устойчивого состояния при циклических упражнениях.
31. Физиологические основы процесса тренировки.
32. Физиологические основы состояния тренированности.
33. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя.
34. Физиологическая характеристика перетренированности.
35. Физиологическая характеристика перенапряжения.
36. Функциональная подготовленность спортсменов при стандартных и предельных нагрузках.
37. Характеристика и физиологические механизмы развития утомления.
38. Факторы утомления и состояние функций организма.
39. Особенности утомления при различных видах физической нагрузки.
40. Понятие о предутомлении, хроническое утомление и переутомление.
41. Физиологическая характеристика восстановительных процессов.
42. Физиологические механизмы восстановительных процессов.
43. Физиологические закономерности восстановительных процессов.
44. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления.
45. Физиологические и фармакологические средства, повышающие спортивную работоспособность.
46. Влияние повышенной температуры и влажности на спортивную работоспособность.
47. Влияние пониженной температуры на спортивную работоспособность.
48. Влияние пониженного барометрического давления на спортивную работоспособность.
49. Влияние повышенного барометрического давления на спортивную работоспособность.
50. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий.

## ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Содержание самостоятельной работы студентов (дневная форма получения высшего образования)

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
<b>5 семестр</b>		
Углубленное изучение отдельных тем учебной дисциплины	<b>Физиологическая характеристика физических упражнений</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [6; 7]	2
	<b>Физиологические механизмы предстартовых состояний</b> Осн. литература: [1; 2] Доп. литература: [6; 7]	2
	<b>Физиологическая характеристика перетренированности</b> Осн. литература: [1; 2] Доп. литература: [6; 7; 9]	2
	<b>Физиологические основы развития утомления</b> Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–10]	2
	<b>Средства восстановления спортивной работоспособности</b> Осн. литература: [1] оп. литература: [5; 7]	2
	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Лабораторные работы № 1 – 2. Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]
Лабораторная работа № 3. Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]		2
Лабораторная работа № 5. Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]		2
Лабораторная работа № 8. Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]		2
Подготовка к контрольной работе 1	Контрольная работа по темам 1 – 3 Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]	4
Подготовка к контрольной работе 2	Контрольная работа по темам 5 – 7 Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7]	6
Подготовка к экзамену		26
<b>Итого</b>		<b>54</b>

**Содержание самостоятельной работы студентов**  
(заочная форма получения высшего образования)

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
1	2	3
<b>5 семестр</b>		
Углубленное изучение отдельных тем учебной дисциплины	<b>Адаптация к физическим нагрузкам</b> Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–5]	4
	<b>Физиологические резервы организма</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [10]	4
	<b>Функциональные изменения в организме при физических нагрузках</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [6; 7]	4
	<b>Физиологическая характеристика физических упражнений</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [6; 7]	6
	<b>Предстартовые состояния. Физиологические механизмы предстартовых состояний</b> Осн. литература: [1; 2] Доп. литература: [6; 7]	4
	<b>Физиологическая характеристика перетренированности</b> Осн. литература: [1; 2] Доп. литература: [6; 7; 9]	4
	<b>Физиологические основы развития утомления</b> Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–10]	4
	<b>Физиологическая характеристика процессов восстановления</b> Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7; 9]	4
	<b>Средства восстановления спортивной работоспособности</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [5; 7]	4
	<b>Проблема допинга в спорте</b> Осн. литература: [1] Доп. литература: [4; 5; 9]	6
	<b>Влияние факторов окружающей среды на спортивную работоспособность</b> Осн. литература: [1; 2] Доп. литература: [6; 8]	6

1	2	3
Подготовка к практическим занятиям	Практическое занятие 1. Функциональные изменения в организме при физических нагрузках Осн. литература: [1] Доп. литература: [6; 7]	6
	Практическое занятие 2. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7; 10]	6
	Практическое занятие 3. Физиологические основы развития тренированности Осн. литература: [1–3] Доп. литература: [4–7; 10]	6
Подготовка к экзамену		26
<b>Итого</b>		94

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Для диагностики компетенций студентов при изучении учебной дисциплины «Физиология спорта» применяются:

- устный опрос;
- контрольные работы;
- защита лабораторных работ;
- тестовые задания.

Мероприятия текущего контроля: защита рефератов; защита лабораторных работ.

Для оценки учебных достижений студентов используются критерии, утвержденные Министерством образования Республики Беларусь.

Оценка знаний и компетенций студентов осуществляется на основе Положения о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов, утвержденного приказом ректора учреждения образования «Полоцкий государственный университет» № 294 от 06.06.2014 года (в редакции, утвержденной приказом № 605 от 17.11.2014 г.).

Экзаменационная отметка по дисциплине рассчитывается на основе результата текущего контроля и отметки, полученной студентом за ответ по билету, по формуле

$$\text{Э} = (\text{К} \times \text{П}) + (1 - \text{К}) \times \text{О},$$

где Э – экзаменационная отметка; К – весовой коэффициент текущего контроля, равный 0,5; П – результат текущего контроля за семестр, оценивается одной отметкой по десятибалльной шкале, которая выводится из отметок, полученных в семестре; О – отметка по десятибалльной шкале, полученная студентом за ответ по билету.

Положительной является отметка не ниже 4 (четыре) баллов.

# ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

## Лекции 1 – 2

### ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ СПОРТА. АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

1. Предмет и основные задачи физиологии спорта.
2. Этапы становления и развития физиологии спорта.
3. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии.
4. Срочная и долговременная адаптация.
5. Функциональная система адаптации.
6. Понятие о физиологических резервах организма.

#### 1. Предмет и основные задачи физиологии спорта

Физиология спорта – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности и обосновывающий практические мероприятия по повышению ее эффективности.

Физиология спорта по своему месту в системе подготовки специалистов по физической культуре и спорту связана с тремя группами учебных и научных дисциплин.

*Первую группу* составляют фундаментальные науки, на которых базируется физиология спорта, она использует их теоретические достижения, методики исследования и сведения о факторах среды, с которыми взаимодействует организм спортсмена в процессе тренировочной и соревновательной деятельности. Это такие дисциплины, как биология, физиология человека и животных, химия и физика.

Во *вторую группу* входят учебные и научные дисциплины, взаимодействующие с физиологией спорта таким образом, что они взаимно обогащают или дополняют друг друга. В этом плане физиология спорта тесно связана с анатомией, биохимией, биомеханикой, гигиеной и психологией.

И, наконец, *третью группу* дисциплин, с которыми связана физиология спорта, составляют те из них, которые используют ее научные достижения и методики исследования в своих целях. К ним относятся теория и методика физической культуры, педагогика, спортивно-педагогические дисциплины, спортивная медицина, лечебная физкультура.

Физиология спорта – наука прикладная и в основном профилактическая, т.к. исследуя и учитывая резервные возможности организма человека, она обосновывает пути и средства повышения работоспособности, ускорения восстановительных процессов, предупреждения переутомления, перенапряжения и патологических сдвигов функций организма, а также профилактику возникновения различных заболеваний.

**Основные задачи физиологии спорта:**

- сравнительное изучение функционального состояния организма человека, занимающегося физическими упражнениями (с этой целью исследование проводится до, во время и после двигательной активности, что в натуральных условиях весьма затруднительно);
- научное обоснование, разработка и реализация мероприятий, обеспечивающих достижение высоких спортивных результатов и сохранение здоровья спортсменов.

*Отличительной методической особенностью спортивной физиологии является то, что ее материалы могут быть получены только на человеке, где применение ряда классических методов физиологии невозможно. В связи с этим лишь отдельные уточняющие эксперименты, как правило, с целью изучения механизмов физиологических сдвигов при физических нагрузках проводятся на животных.*

Поэтому разработаны специальные нагрузочные тесты, позволяющие дозировать физическую активность и регистрировать соответствующие изменения функций организма в различные периоды деятельности человека.

С этой целью используются велоэргометр, бегущая дорожка (тредбан), ступеньки разной высоты, а также различные приборы, позволяющие регистрировать функции сердечно-сосудистой, дыхательной, мышечной и центральной нервной системы на расстоянии, передавая соответствующие показатели по телеметрическим каналам.

Физиология спорта занимает важное место в теории физической культуры, составляя фундамент знаний, необходимых тренеру и преподавателю для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов. Поэтому тренер и педагог должны хорошо знать механизмы физиологических процессов, происходящих в организме спортсмена во время тренировочной и соревновательной деятельности с тем, чтобы научно обоснованно строить и совершенствовать эту работу, уметь аргументировать свои распоряжения и рекомендации, избегать переутомления и перенапряжения

и не причинить вреда здоровью тренирующихся. Они также должны понимать суть изменений, возникающих в организме спортсмена в реабилитационном периоде, чтобы активно и грамотно влиять на них, ускоряя восстановительные реакции.

Таким образом, из изложенного следует, что *физиология спорта как учебная и научная дисциплина решает две основные проблемы.*

*Одна из них состоит в физиологическом обосновании закономерностей укрепления здоровья человека с помощью физических упражнений и повышения устойчивости его организма к действию различных неблагоприятных факторов внешней среды (температура, давление, радиация, загрязненность воздуха и воды, инфекции и т.д.), а также в сохранении и восстановлении работоспособности, препятствии развитию раннего утомления и коррекции психоэмоциональных перегрузок в процессе профессиональной деятельности человека.*

*Вторая заключается в физиологическом обосновании мероприятий, направленных на достижение высоких спортивных результатов, особенно в большом спорте.*

Эти две проблемы полностью не совпадают, т.к. для достижения наивысших результатов в процессе тренировок в ряде случаев применяются такие нагрузки, которые могут приводить к снижению устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды, ухудшению состояния здоровья и даже возникновению заболеваний.

## 2. Этапы становления и развития физиологии спорта

В развитии физиологии спорта условно выделяют несколько этапов. Первый, начальный, период формировался в конце XIX в. и в 20-е гг. прошлого столетия.

### **I этап (1919 – 1927)**

Декретом Совета Народных Комиссаров от 22 октября 1919 г. на базе Высших курсов физического образования *был создан институт физического образования им. П. Ф. Лесгафта* (в 1929 г. преобразованный в институт физической культуры им. П. Ф. Лесгафта, а в 1993 г. – в академию; в настоящее время – Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург) *с учреждением ряда кафедр, в т.ч. кафедры физиологии – первой такой кафедры среди физкультурных вузов страны и в мире.*



Кафедра физиологии государственного университета им. П. Ф. Лесгафта начинает свою многолетнюю историю с формирования кабинета физиологии при биологической лаборатории Высших курсов физического образования, которым руководил с 1896 г. выдающийся физиолог, профессор медицины, академик И. Р. Тарханов.

Организованную кафедру с 1919 по 1927 гг. возглавлял крупнейший физиолог страны **Леон Абгарович Орбели**, впоследствии действительный член АН СССР, АМН СССР и АН АрмССР, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственных премий СССР, генерал-полковник медицинской службы, почетный член ряда зарубежных академий.

Уже в те годы под его руководством были выполнены первые научно-исследовательские работы по влиянию физических нагрузок на организм. Однако предмет в основном преподавался по программе медицинских институтов в виде чтения лекций и выполнения отдельных лабораторных занятий по курсу общей физиологии с некоторым акцентом на разделе «Физиология мышц». В прикладном плане освещались лишь отдельные медицинские вопросы, связанные с влиянием физических упражнений на организм. Такое содержание дисциплины отражало в то время объективное состояние научных знаний в области физиологии мышечной деятельности как в нашей стране, так и за рубежом. Это был *начальный, первый, период становления спортивной физиологии*.

## **II этап (30-е – конец 50-х гг. XX в.)**

После ухода из института Л. А. Орбели заведующим избирается **Алексей Николаевич Крестовников**, руководивший кафедрой физиологии на протяжении 28 лет – с 1927 по 1955 гг.

В этот период сотрудники кафедры провели большую работу по сбору функциональных показателей организма спортсменов под влиянием различных физических упражнений и анализу их изменений.

Обобщенный материал позволил профессору А. Н. Крестовникову издать первый в нашей стране учебник физиологии для институтов физической культуры (1938) и первую монографию по спортивной физиологии (1939). Издание названных книг дало возможность выделить и окончательно сформировать в физиологии человека новый учебный и научный раздел предмета – спортивную физиологию. С этого времени начинается *второй, переходный, период развития спортивной физиологии* (1930–1950-е гг.) как учебной и научной дисциплины.

С 1955 по 1960 гг. кафедрой руководит **профессор Е. К. Жуков**.

**Современный, третий, период развития физиология спорта** (1960–1990-е гг. – *по настоящее время*) характеризуется созданием систематического учебного и научного разделов дисциплины, соответствующих новым задачам подготовки высококвалифицированных, грамотных специалистов по физической культуре и спорту. В учебных программах этого периода отражаются две взаимосвязанные части предмета (общая и частная спортивная физиология). С этого времени физиологи спорта начинают изучать не только воздействие отдельных физических нагрузок на функции организма, но и влияние систематических тренировок и их особенностей на функциональное состояние спортсменов, особенно в процессе достижения высшего спортивного мастерства.

В этот период вышли в свет учебное пособие «Физиология спорта» В. С. Фарфеля (1960) и учебник «Спортивная физиология» под редакцией Я. М. Коца (1986).

Важную роль в становлении современного курса спортивной физиологии сыграл профессор **Н. В. Зимкин**, заведовавший кафедрой физиологии с 1961 по 1975 гг. Под его редакцией (1964, 1970, 1975) вышло три издания учебника «Физиология человека». Интенсивно развиваются исследования в области кровообращения, нервно-мышечного аппарата, электроэнцефалографии, изучается физиология стрессовых состояний в спорте.

В период 1975 – 1984 гг. кафедрой заведует Заслуженный деятель науки РСФСР, профессор **А. С. Мозжухин**. Основным направлением научно-исследовательской работы становится изучение функциональных резервов спортсмена.

На протяжении 1984–1986 гг. обязанности заведующего кафедрой временно исполняет Почетный работник высшего образования России, профессор **Е. Б. Сологуб**.

С 1986 по 2011 гг. кафедрой заведует Заслуженный деятель науки РФ, профессор **А. С. Солодков**. Научные интересы коллектива сосредотачиваются на проблеме физиологической адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам.

В период 2011–2018 гг. кафедрой заведует профессор **И. В. Левшин**, а с 2018 г. – профессор **Д. С. Мельников**.

В последние годы развивается *новое направление спортивной физиологии, связанное с разработкой спортивной генетики* и рассматривающее особенности наследственных влияний и тренируемости различных физиологических показателей и физических качеств и, в первую очередь, роли врожденных индивидуально-типологических особенностей организма для спортивной ориентации, отбора и прогнозирования достижений в спорте.

### 3. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии

Одной из важнейших проблем современной физиологии и медицины является исследование закономерностей процесса адаптации организма к различным факторам среды.

**Адаптация физиологическая** – совокупность физиологических реакций, лежащая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная к сохранению относительного постоянства его внутренней среды – гомеостаза (Советская энциклопедия. – М., 1969. – Т. 1. – С. 216).

Как следует из определения, любой адаптационный процесс в организме направлен на поддержание гомеостаза.

Значение проблемы адаптации в спорте определяется прежде всего тем, что **организм спортсмена должен приспособливаться к физическим нагрузкам в относительно короткое время**. Именно скорость наступления адаптации и ее длительность во многом определяют состояние здоровья и тренированность спортсмена. Вместе с тем общеизвестно, что морфофункциональные особенности организма человека, сформировавшиеся в течение длительного периода эволюции, не могут изменяться с такой же быстротой, с какой изменяются структура и характер тренировочных и соревновательных нагрузок в спорте. Несоответствие во времени между этими процессами может приводить к возникновению функциональных расстройств, которые проявляются различными патологическими нарушениями.

О влиянии физических нагрузок на человека можно судить только на основе всестороннего учета совокупности реакций целостного организма, включая реакции со стороны ЦНС, гормонального аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной, сенсорных систем, обмена веществ и др.

**Выраженность изменений функций организма в ответ на физическую нагрузку зависит прежде всего от индивидуальных особенностей человека и уровня его тренированности**. Изменения функциональных показателей организма спортсменов могут быть правильно проанализированы и всесторонне оценены только при рассмотрении их в отношении к процессу адаптации.

Приспособительные изменения в здоровом организме бывают двух видов:

– изменения в привычной зоне колебаний факторов среды, когда система функционирует в обычном составе;

– изменения при действии чрезмерных (непривычных) факторов с включением в функциональную систему дополнительных элементов и механизмов.

Обе группы приспособительных изменений нередко называются адаптационными. Однако более оправданным будет называть первую группу изменений *обычными физиологическими реакциями*, т.к. эти сдвиги не связаны с существенными физиологическими перестройками в организме и не выходят за пределы физиологической нормы. Вторая группа приспособительных изменений отличается значительным использованием физиологических резервов и перестройкой функциональных систем, в связи с чем их целесообразно называть **адаптационными сдвигами**.

В связи с этим несомненный интерес представляет понятие общего адаптационного синдрома, предложенное канадским ученым Гансом Селье (1960).

Под последним Г. Селье понимает **совокупность защитных реакций организма человека или животных, возникающих в условиях стрессовых ситуаций**. В адаптационном синдроме Г. Селье выделяет три стадии:

- стадию тревоги, обусловленную мобилизацией защитных сил организма;
- стадию резистентности, связанную с приспособлением человека к экстремальным факторам среды;
- стадию истощения, возникающую при длительном стрессе, что может привести к возникновению заболеваний и даже смерти.

**В динамике адаптационных изменений у спортсменов выделяют четыре стадии:**

- физиологического напряжения;
- адаптированности;
- дезадаптации;
- реадаптации.

Каждой из них присущи свои функциональные изменения и регуляторно-энергетические механизмы. Естественно, основными, имеющими принципиальное значение в спорте, следует считать две первые стадии. Применительно к общей схеме адаптации такие стадии свойственны людям в процессе приспособления к любым условиям деятельности.

**Стадия физиологического напряжения организма** характеризуется преобладанием процессов возбуждения в коре головного мозга и распространением их на подкорковые и нижележащие двигательные и вегетативные

центры, возрастанием функции коры надпочечников, увеличением показателей вегетативных систем и уровня обмена веществ.

На уровне двигательного аппарата характерным для этой стадии является увеличение числа активных двигательных (моторных) единиц (ДЕ), дополнительное включение мышечных волокон, увеличение силы и скорости сокращения мышц, увеличение содержания в мышцах гликогена, АТФ и креатинфосфата.

Спортивная работоспособность – неустойчива.

В стадии физиологического напряжения основная нагрузка ложится на регуляторные механизмы. За счет напряжения регуляторных механизмов осуществляется приспособление физиологических реакций и метаболизма к возросшим физическим нагрузкам. При этом в некоторых случаях изменения функций организма могут носить выраженный характер.

**Стадия адаптированности организма** в значительной мере тождественна (соответствует) состоянию его тренированности. Другими словами, в основе развития тренированности лежит процесс адаптации организма к физическим нагрузкам. Физиологическую основу этой стадии составляет вновь установившийся уровень функционирования различных органов и систем для поддержания гомеостаза в конкретных условиях деятельности.

Благодаря активизации тканевых процессов, обеспечивается новый уровень гомеостаза, адекватный новым условиям существования. Основными особенностями этой фазы являются:

- мобилизация энергетических ресурсов;
- повышенный синтез структурных и ферментных белков;
- мобилизация иммунной системы.

Определяемые в это время функциональные сдвиги не выходят за рамки физиологических колебаний, а работоспособность спортсменов стабильна и даже повышается.

**Стадия дезадаптации организма** развивается в результате перенапряжения адаптационных механизмов и включения компенсаторных реакций вследствие интенсивных тренировочных нагрузок и недостаточного отдыха между ними.

Процесс дезадаптации по сравнению с процессом приспособления развивается, как правило, медленнее, причем сроки его наступления, продолжительность и степень выраженности функциональных изменений при

этом отличаются большой вариативностью и зависят от индивидуальных особенностей организма. Стадия дезадаптации характеризуется еще и тем, что отсутствуют признаки активации нервной и эндокринной систем и имеет место некоторое снижение общей функциональной устойчивости организма.

Это состояние может быть отнесено к предболезненному. При дезадаптации наблюдаются эмоциональная и вегетативная неустойчивость, раздражительность, вспыльчивость, головные боли, нарушение сна. Снижается умственная и физическая работоспособность.

Процесс дезадаптации является результатом того, что биосоциальная плата за адаптацию к интенсивным тренировочным и соревновательным нагрузкам вышла за пределы физиологических резервов организма и выдвинула перед ним новые проблемы.

Дезадаптационные расстройства вначале могут протекать с достаточной еще способностью к восстановлению всех функций организма и работоспособности, что чаще всего и наблюдается у спортсменов. В других случаях дезадаптация будет иметь скрытые дефекты, которые выявляются только с течением времени под влиянием или очень высоких нагрузок, или какой-то дополнительной вредности. И, наконец, дезадаптация может закончиться стойкими неблагоприятными изменениями функций организма, снижением или утратой спортивной работоспособности.

Очевидно, стадия дезадаптации по своим патофизиологическим основам в значительной мере соответствует состоянию перетренированности спортсменов.

**Стадия реадаптации** возникает после длительного перерыва в систематических тренировках или их прекращении совсем и характеризуется приобретением некоторых исходных свойств и качеств организма.

Физиологический смысл этой стадии – снижение уровня тренированности и возвращение некоторых показателей к исходным величинам. Очевидно, что спортсменам, систематически тренировавшимся многие годы и оставляющим большой спорт, требуются специальные, научно обоснованные оздоровительные мероприятия для возвращения организма к нормальной жизнедеятельности.

*Следует иметь в виду, что возникшие в процессе длительных и интенсивных физических нагрузок структурные изменения в миокарде и скелетных мышцах, нарушенный уровень обмена веществ, гормональные и ферментативные перестройки, своеобразно закрепленные механизмы регуляции к исходным значениям, как правило, не возвращаются.*

За систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение организм спортсменов в дальнейшем платит определенную биологическую цену (цена адаптации), что может проявляться развитием кардиосклероза, ожирением, снижением резистентности (устойчивости) клеток и тканей к различным неблагоприятным воздействиям и повышением уровня общей заболеваемости.

При адаптации к чрезмерным для данного организма физическим нагрузкам в полной мере реализуется общебиологическая закономерность, которая состоит в том, что все приспособительные реакции организма к необычным факторам среды обладают лишь относительной целесообразностью. Иными словами, даже устойчивая, долговременная адаптация к физическим нагрузкам имеет свою функциональную или структурную цену.

Таким образом, **цена адаптации – это та цена, которую организм спортсмена платит за систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение.**

Цена адаптации может проявляться в двух различных формах:

- в прямом изнашивании функциональной системы, на которую при адаптации падает главная нагрузка;
- в явлениях отрицательной перекрестной адаптации, т.е. в нарушении у адаптированных к определенной физической нагрузке людей других функциональных систем и адаптационных реакций, не связанных с этой нагрузкой.

Прямая функциональная недостаточность может реализоваться в условиях остро возникшей большой нагрузки, при которой наблюдаются прямые повреждения структур сердца, скелетных мышц, нарушения ферментной активности и другие изменения, являющиеся как итогом самой нагрузки, так и возникающей при этом стресс-реакции. Эта цена срочной адаптации ярко проявляется при первых нагрузках нетренированных людей и устраняется правильно построенным тренировочным процессом и развитием адаптированности.

**Цена адаптации в значительной мере зависит от вида физических нагрузок, к которым происходит приспособление.** Так, например, у тяжелоатлетов, высокотренированных к статическим силовым нагрузкам, фиксируется снижение выносливости к динамической работе; утомление при таких нагрузках у них развивается быстрее, чем у нетренированных здоровых людей.

На фоне высокой тренированности у штангистов, борцов и других спортсменов нередко происходит снижение резистентности к действию

холода и простудным заболеваниям, нарушение клеточного и гуморального иммунитета.

У высокотренированных на выносливость спортсменов отмечаются нарушения функций желудочно-кишечного тракта, печени и почек, что является следствием ограниченного кровоснабжения этих органов в период длительной мышечной работы.

Однако высокая цена адаптации и феномены отрицательной перекрестной резистентности при таком приспособлении представляют собой возможное, но вовсе не обязательное явление.

*Наиболее рациональный путь к предупреждению адаптационных нарушений состоит в правильно построенном режиме тренировок, отдыха и питания, закаливании, повышении устойчивости к стрессорным воздействиям и гармоничном физическом и психическом развитии личности спортсмена.*

#### **4. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам**

При всем многообразии индивидуальной фенотипической адаптации развитие ее у человека характеризуется некоторыми общими чертами. Среди таких черт в приспособлении организма к любым факторам среды следует выделять **два вида адаптации – срочную, но несовершенную, и долговременную, совершенную.**

**Срочная адаптация – это ответ организма на однократное воздействие физической нагрузки. Она возникает непосредственно после начала действия раздражителя и может реализоваться на основе готовых, ранее сформировавшихся физиологических механизмов и программ.**

Очевидными проявлениями срочной адаптации являются:

- увеличение теплопродукции в ответ на холод;
- увеличение теплоотдачи в ответ на жару;
- рост легочной вентиляции, УОК и МОК в ответ на физическую нагрузку и недостаток кислорода;
- приспособление органа зрения к темноте;
- бег человека, обусловленный социально значимой необходимостью, и др.

Отличительной чертой срочной адаптации является то, что деятельность организма протекает не в пределах его возможностей при почти полной



мобилизации физиологических резервов, но далеко не всегда обеспечивает необходимый адаптационный эффект.

Так, бег неадаптированного человека происходит при близких к предельным величинам УОК и легочной вентиляции, при максимальной мобилизации гликогена в печени. Быстрое накопление молочной кислоты в крови лимитирует интенсивность физической нагрузки – двигательная реакция не может быть ни достаточно быстрой, ни достаточно длительной.

Таким образом, функциональная адаптивная система, ответственная за двигательную реакцию при срочной адаптации, характеризуется предельным напряжением отдельных ее звеньев и вместе с тем определенным несовершенством самой двигательной реакции.

На уровне **нервной и нейрогуморальной регуляции** реализуется интенсивное, избыточное по своему пространственному распространению возбуждение корковых, подкорковых и нижележащих двигательных центров, которому соответствует значительная, но недостаточно координированная двигательная деятельность. Этот процесс характеризует начальный этап формирования двигательного навыка.

Со стороны **двигательного аппарата** срочная адаптация проявляется включением в реакцию дополнительной части двигательных единиц, а также генерализованным вовлечением лишних мышечных групп. В результате сила и скорость сокращения мобилизованных мышц оказываются ограниченными, но максимально достижимыми для данного вида адаптации; координация мышц недостаточно совершенна.

На **уровне вегетативных систем** обеспечения срочной адаптации к физическим нагрузкам наблюдается максимальная мобилизация функциональных резервов органов дыхания и кровообращения, но реализующихся при этом неэкономным путем.

Так, увеличение МОК достигается ростом ЧСС при ограниченном возрастании систолического объема. Увеличение легочной вентиляции осуществляется за счет возрастания частоты дыхания, но не глубины дыхания, при этом наблюдается несоответствие между частотой дыхания и движений. В итоге легочная вентиляция все же не избавляет от развития гипоксии и гиперкапнии.

В целом **срочная адаптация к физическим нагрузкам характеризуется максимальной по уровню и неэкономной гиперфункцией ответственной за адаптацию функциональной системы**, резким снижением физиологических резервов данной системы, явлениями чрезмерной стресс-реакции

организма и возможным повреждением органов и систем. В результате двигательные, т.е. по существу, поведенческие реакции организма оказываются в значительной мере лимитированными.

**Долговременная адаптация возникает постепенно, в результате длительного или многократного действия на организм факторов среды.** Принципиальной особенностью такой адаптации является то, что она возникает не на основе готовых физиологических механизмов, а **на базе вновь сформированных программ регулирования.**

Долговременная адаптация, по существу, **развивается на основе многократной реализации срочной адаптации** и характеризуется тем, что в итоге постепенного количественного накопления каких-то изменений организм приобретает новое качество в определенном виде деятельности – из неадаптированного превращается в адаптированный.

В результате обеспечивается осуществление организмом ранее недостижимых силы, скорости и выносливости при физических нагрузках, развитие устойчивости организма к значительной гипоксии, которая ранее была несовместима с активной жизнедеятельностью, способность организма к работе при существенно измененных показателях гомеостаза, развитие устойчивости к холоду, теплу, большим дозам ядов, введение которых ранее было смертельным.

Долговременная адаптация характеризуется возникновением в ЦНС новых временных связей, а также перестройкой аппарата гуморальной регуляции функциональной системы – экономичностью функционирования гуморального звена и повышением его мощности.

**В ответ на ту же самую нагрузку не возникает резких изменений в организме,** и мышечная работа сопровождается меньшим увеличением легочной вентиляции, минутного объема крови, содержания ферментов, гормонов, лактата, аммиака, отсутствием выраженных повреждений. В результате становится возможным длительное и стабильное выполнение физических нагрузок.

**Переход от срочной к долговременной адаптации знаменует собой узловой момент адаптационных процессов,** т.к. именно этот переход делает возможной жизнь организма в новых условиях, расширяет сферу его обитания и свободу поведения в меняющейся среде. Этот момент определяется прежде всего тем, что возникает **активация синтеза нуклеиновых кислот и белков,** что приводит к избирательному развитию определенных структур, лимитирующих двигательную деятельность.

Формируются устойчивые двигательные динамические стереотипы, развивается экстраполяция, повышающая возможность быстрой перестройки ответных реакций при изменениях среды, происходит умеренная гипертрофия в скелетных мышцах, сердце, дыхательных мышцах и других рабочих органах, увеличение массы митохондрий. Существенно увеличивается аэробная и анаэробная мощность организма. Нормализуется гомеостаз организма, уменьшается стресс-реакция. Интенсивность и длительность мышечной работы возрастают.

В процессе адаптации организма обмен перестраивается в направлении более экономного расходования энергии в состоянии покоя и повышенной мощности метаболизма в условиях физического напряжения. Такая перестройка биологически более целесообразна и может явиться общим механизмом физиологической адаптации.

Адаптивные сдвиги энергетического обмена заключаются в переключении с углеводного типа на жировой. Ведущую роль в этом играют гормоны: глюкокортикоиды ускоряют распад белка, активируя превращение аминокислот в глюкозу, а катехоламины вызывают мобилизацию резерва гликогена в печени и активацию липолиза жировой ткани, увеличивая приток кислорода, глюкозы, аминокислот и жирных кислот к работающим тканям.

Определенные черты фенотипа, сформировавшиеся в результате долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам, становятся фактором профилактики конкретных болезней или патологических синдромов. Повышение расхода жиров приводит к атрофии жировой ткани, снижению избыточного веса и, при прочих равных условиях, уменьшает развитие атеросклероза. Увеличение потенциальных резервов и мощности сердечной мышцы может в течение даже длительного времени воздействия неблагоприятных факторов на организм не приводить к возникновению сердечно-сосудистых расстройств у тренированных людей.

## **5. Функциональная система адаптации.**

### **Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам**

Показано, что долговременная адаптация обязательно сопровождается следующими физиологическими процессами:

- 1) перестройкой регуляторных механизмов;
- 2) мобилизацией и использованием резервных возможностей организма;
- 3) формированием специальной функциональной системы адаптации к конкретной трудовой (спортивной) деятельности человека.

По сути, эти три физиологические реакции являются главными и основными составляющими процесса адаптации, а общебиологическая закономерность таких приспособительных перестроек относится к любой деятельности человека.

В достижении устойчивой и совершенной адаптации большую роль играют перестройка регуляторных приспособительных механизмов и мобилизация физиологических резервов, а также последовательность их включения на разных функциональных уровнях. Очевидно, вначале включаются обычные физиологические реакции и лишь затем реакции напряжения механизмов адаптации, требующие значительных энергетических затрат с использованием резервных возможностей организма, что приводит в конечном итоге к формированию специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека.

Такая функциональная система у спортсменов представляет собой **вновь сформированное взаимоотношение нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов, необходимое для решения задач приспособления организма к физическим нагрузкам.**

Морфофункциональной основой такой системы является образование в организме системного структурного следа в ответ на мышечную работу, что проявляется созданием новых межцентральных взаимосвязей, повышением активности дыхательных ферментов, гипертрофией сердца, скелетных мышц и надпочечников, увеличением количества митохондрий, усилением функций вегетативных систем.

В целом, **функциональная система, ответственная за адаптацию к физическим нагрузкам, включает в себя три звена: афферентное, центральное регуляторное и эффекторное.**

**Афферентное звено** функциональной системы адаптации состоит из рецепторов, а также чувствительных нейронов и совокупностей афферентных нервных клеток в центральной нервной системе. Все эти элементы нервной системы воспринимают раздражения из внешней среды и от самого организма и участвуют в осуществлении так называемого афферентного синтеза, необходимого для адаптации.

Афферентный синтез возникает, по П. К. Анохину, при взаимодействии мотивации, памяти, обстановочной и пусковой информации. В спорте в одних случаях (например, у бегунов, лыжников, гимнастов) афферентный синтез для принятия решения о начале своих движений относительно прост и это облегчает формирование адаптивной системы, в других же (единоборства,

спортивные игры) – весьма сложен и это затрудняет образование такой системы.

**Центральное регуляторное звено** функциональной системы представлено нейрогенными (нейрогенный – обусловленный деятельностью нервной системы) и гуморальными процессами управления адаптивными реакциями.

В ответ на афферентные сигналы нейрогенная часть звена включает двигательную реакцию и мобилизует вегетативные системы на основе рефлекторного принципа регуляции функций. Афферентная импульсация от рецепторов к коре головного мозга вызывает возникновение положительных (возбудительных) и отрицательных (тормозных) процессов, которые и формируют функциональную адаптивную систему.

В адаптированном организме нейрогенная часть звена быстро и четко реагирует на афферентную импульсацию соответствующей мышечной активностью и мобилизацией вегетативных функций. В неадаптированном организме такого совершенства нет, мышечное движение будет выполнено приблизительно, а вегетативное обеспечение окажется недостаточным.

При поступлении сигнала о физической нагрузке одновременно с описанными выше изменениями происходит нейрогенная активация гуморальной части центрального регуляторного звена, ответственного за управление адаптационным процессом. Функциональное значение гуморальных реакций (повышенное высвобождение гормонов, ферментов и медиаторов) определяется тем, что они путем воздействия на метаболизм органов и тканей обеспечивают более полноценную мобилизацию функциональной адаптивной системы и ее способность к длительной работе на повышенном уровне.

**Эффекторное звено** функциональной системы адаптации включает в себя скелетные мышцы, органы дыхания, кровообращения, кровь и другие вегетативные системы.

Интенсивность и длительность физических нагрузок на уровне скелетных мышц определяется тремя основными факторами:

- числом и типом активируемых моторных единиц;
- уровнем и характером биохимических процессов в мышечных клетках;
- особенностями кровоснабжения мышц, от чего зависит приток кислорода, питательных веществ и удаление метаболитов.

Увеличение силы, скорости и точности движений в процессе долговременной адаптации достигается двумя основными процессами:

- формированием в ЦНС функциональной системы управления движениями;
- морфофункциональными изменениями в мышцах (гипертрофия мышц, увеличение мощности систем аэробного и анаэробного энергообразования, возрастание количества миоглобина и митохондрий, уменьшение образования и накопления аммиака, перераспределение кровотока и др.).

Таким образом, *формирование функциональной системы адаптации с вовлечением в этот процесс различных морфофункциональных структур организма составляет принципиальную основу долговременной адаптации к физическим нагрузкам и реализуется повышением эффективности деятельности различных органов и систем и организма в целом.*

Зная закономерности формирования функциональной системы, можно различными средствами эффективно влиять на отдельные ее звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность, т.е. управлять адаптационным процессом.

### **Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам**

**Адаптация организма к физическим нагрузкам заключается в мобилизации и использовании функциональных резервов организма, в совершенствовании имеющихся физиологических механизмов регуляции.**

Никаких новых функциональных явлений и механизмов в процессе адаптации не наблюдается, просто имеющиеся уже механизмы начинают работать совершеннее, интенсивнее и экономичнее. В основе адаптации к физическим нагрузкам лежат нервно-гуморальные механизмы, включающиеся в деятельность и совершенствующиеся при работе двигательных единиц (мышц и мышечных групп).

При адаптации спортсменов происходит **усиление деятельности ряда функциональных систем за счет мобилизации и использования их резервов**, а системообразующим фактором при этом должен являться приспособительный полезный результат – выполнение поставленной задачи, т.е. конечный спортивный результат.

Комплекс функциональных систем, обеспечивающих конечный спортивный результат, формируется организмом спортсмена ради достижения этого результата. Отсутствие результата или систематически недостаточный его

уровень могут не только стимулировать формирование данного комплекса, но и разрушать его, прекращать функционирование в зависимости от величины и характера физиологических резервов, воли, мотивации и других факторов.

Таким образом, **адаптация к мышечной деятельности представляет собой системный ответ организма, направленный на достижение состояния высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это.**

## 6. Понятие о физиологических резервах организма

В настоящее время под **физиологическими резервами организма** понимается **выработанная в процессе эволюции адаптационная и компенсаторная способность органа, системы и организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя.**

Физиологические резервы обеспечиваются определенными анатомо-физиологическими и функциональными особенностями строения и деятельности организма, а именно:

- наличием парных органов, обеспечивающих замещение нарушенных функций;
- значительным усилением деятельности сердца, увеличением общей интенсивности кровотока, легочной вентиляции и усилением деятельности других органов и систем;
- высокой резистентностью клеток и тканей организма к различным внешним воздействиям и внутренним изменениям условий их функционирования.

В качестве примера проявления физиологических резервов можно указать на то, что во время тяжелой физической нагрузки МОК у хорошо тренированного человека может достигать 40 л, т.е. увеличиваться в 8 раз, легочная вентиляция при этом возрастает в 10 раз, обуславливая увеличение потребления кислорода и выделение углекислого газа в 15 раз и более. В этих условиях работа сердца человека, как показывают расчеты, возрастает в 10 раз.

Все резервные возможности организма А. С. Мозжухин (1979) предложил разделить на две группы: **социальные резервы** (психологические и спортивно-технические) и **биологические резервы** (структурные, биохимические и физиологические).

**Морфофункциональной основой физиологических резервов** являются органы, системы организма и механизмы их регуляции, обеспечивающие переработку информации, поддержание гомеостаза и координацию двигательных и вегетативных актов.

Физиологические резервы, по мнению А. С. Мозжухина, включаются не все сразу, а поочередно.

*Первая очередь резервов* реализуется при работе до 30% от абсолютных возможностей организма и включает переход от состояния покоя к повседневной деятельности. Механизм этого процесса – условные и безусловные рефлексы.

*Вторая очередь* включения осуществляется при напряженной деятельности, нередко в экстремальных условиях при работе от 30% до 65% от максимальных возможностей (тренировка, соревнования). При этом включение резервов происходит благодаря нейрогуморальным влияниям, а также волевым усилиям и эмоциям.

*Резервы третьей очереди* включаются обычно в борьбе за жизнь, часто после потери сознания, в агонии. Включение резервов этой очереди обеспечивается безусловно рефлекторным путем и обратной гуморальной связью.

Во время соревнований диапазон физиологических резервов снижается. Его повышение может достигаться закаливанием организма, общей и специально направленной физической тренировкой, использованием фармакологических средств и адаптогенов.

При этом тренировки восстанавливают и закрепляют физиологические резервы организма, ведут к их расширению. Еще в 1890 г. И. П. Павлов указывал, что израсходованные ресурсы организма восстанавливаются не только до исходного уровня, но и с некоторым избытком (феномен избыточной компенсации). Биологический смысл этого феномена огромен.

**Повторные нагрузки, приводящие к суперкомпенсации, обеспечивают повышение рабочих возможностей организма. В этом и состоит главный эффект систематических тренировок.** Под влиянием тренирующих воздействий спортсмен в процессе восстановления становится сильнее, быстрее, выносливее, т.е. расширяются его физиологические резервы.

### Вопросы для аудиторного и самоконтроля

1. Что изучает физиология спорта?
2. Предмет и основные задачи физиологии спорта.



3. С какими учебными и научными дисциплинами связана физиология спорта?
4. Место физиологии спорта в системе подготовки специалистов в области физической культуры и спорта.
5. Укажите этапы становления и развития физиологии спорта.
6. Определение адаптации.
7. Динамика функций организма при адаптации и ее стадии.
8. Цена адаптации.
9. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам.
10. Функциональная система адаптации: понятие, составные части (афферентное, центральное регуляторное и эффекторное звенья).
11. Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам.
12. Понятие о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация.

### Лекция 3

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

1. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках.
2. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной мощности.
3. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности.

### 1. Изменения функций различных органов и систем организма при физических нагрузках

Физические нагрузки вызывают перестройки различных функций организма, особенности и степень которых зависят от мощности и характера двигательной деятельности.

В состоянии покоя деятельность различных органов и систем отрегулирована соответственно невысокому уровню кислородного запроса и энергообеспечения. При переходе к рабочему уровню необходима перестройка функций различных органов и систем на более высокий уровень активности.

**В ЦНС** происходит повышение лабильности и возбудимости многих проекционных и ассоциативных нейронов. В различных отделах ЦНС **создается**

**функциональная система нервных центров**, обеспечивающая выполнение задуманной цели действия на основе анализа внешней информации, действующих в данный момент мотиваций и хранящихся в мозгу памятных следов двигательных навыков и тактических комбинаций.

Возникающий комплекс нервных центров становится **рабочей доминантой**, которая имеет повышенную возбудимость, подкрепляется различными афферентными раздражениями и избирательно затормаживает реакции на действие посторонних раздражителей. В пределах доминирующих нервных центров создается цепь условных и безусловных рефлексов, или **двигательный динамический стереотип**, облегчающий последовательное выполнение одинаковых движений (в циклических упражнениях) или программы различных двигательных актов (в ациклических упражнениях).

Еще перед началом работы в коре больших полушарий происходит предварительное программирование и информирование преднастройки на предстоящее движение, которые отражаются в различных формах изменений электрической активности: появляются «меченые ритмы» ЭЭГ – потенциалы в темпе предстоящего движения, возникают так называемые «волны ожидания», а также премоторные и моторные потенциалы.

В **спинном мозгу** за 60 мс перед началом двигательного акта повышается возбудимость мотонейронов, что отражается в нарастании амплитуды вызываемых в этот момент спинальных рефлексов.

В мобилизации функций организма и их резервов значительна роль **симпатической нервной системы, гормонов гипофиза и надпочечников, нейропептидов**.

В **двигательном аппарате** при работе нарастают возбудимость и лабильность работающих мышц, повышается чувствительность их проприорецепторов, поднимается температура и снижается вязкость мышечных волокон. В мышцах дополнительно открываются капилляры, которые в состоянии покоя находились в спавшемся состоянии, и улучшается кровоснабжение.

Однако при больших статических напряжениях (более 30% максимального усилия) кровоток в мышцах резко затрудняется или вовсе прекращается из-за сдавливания кровеносных сосудов. Нервные импульсы, приходящие в мышцу с небольшой частотой, вызывают слабые одиночные сокращения мышечных волокон, а при повышении частоты – их более мощные тетанические сокращения.

Различные двигательные единицы (ДЕ) в целой скелетной мышце при длительных физических нагрузках вовлекаются в работу **попеременно**, восстанавливаясь в периоды отдыха, а при больших кратковременных напряжениях – включаются **синхронно**. В зависимости от мощности работы включаются разные ДЕ: при небольшой интенсивности работы активны лишь высоковозбудимые и менее мощные медленные ДЕ, а с повышением мощности работы – промежуточные и, наконец, маловозбудимые, но наиболее мощные быстрые ДЕ.

**Дыхание** при мышечной работе значительно увеличивается – растет глубина дыхания (до 2–3 л) и частота дыхания (до 40–60 вдохов в 1 мин). Минутный объем дыхания при этом может увеличиваться до 150–200 л/мин. Однако большое потребление кислорода дыхательными мышцами (до 1 л/мин) делает нецелесообразным предельное напряжение внешнего дыхания.

**Сердечно-сосудистая система**, участвуя в доставке кислорода работающим тканям, претерпевает заметные рабочие изменения. Увеличивается систолический объем крови (при больших нагрузках у спортсменов до 150–200 мл), нарастает ЧСС (до 180 уд./мин и более), растет МОК (у тренированных спортсменов до 35 л/мин и более).

Происходит перераспределение крови в пользу работающих органов, главным образом, скелетных мышц, а также сердечной мышцы, легких, активных зон мозга, и снижение кровоснабжения внутренних органов и кожи.

Перераспределение крови тем более выражено, чем больше мощность работы. Количество циркулирующей крови при работе увеличивается за счет ее выхода из кровяных депо. Увеличивается скорость кровотока, а время кругооборота крови снижается вдвое.

В **системе крови** наблюдается увеличение количества форменных элементов.

Наблюдается **миогенный** (вызванный мышечной работой) **эритроцитоз** (до  $5,5\text{--}6 \times 10^{12}$  в л) и **миогенный тромбоцитоз** (увеличение в 2 раза).

В зависимости от тяжести работы проявляются различные стадии **миогенного лейкоцитоза**:

- небольшие тренировочные нагрузки вызывают появление **1-й стадии – лимфоцитарной**, с преобладанием в лейкоцитарной формуле лимфоцитов и ростом общего количества лейкоцитов до  $10\text{--}12 \times 10^9$  в л;
- более значительные нагрузки, особенно в соревнованиях, вызывают появление **2-й стадии, или 1-й нейтрофильной**, с ростом количества

нейтрофилов (особенно юных и палочкоядерных) и увеличением количества лейкоцитов до  $16-18 \times 10^9$  в л;

– истощающая нагрузка приводит к **3-й стадии, или 2-й нейтрофильной**, с резким ростом количества лейкоцитов в крови до  $20-50 \times 10^9$  в л с преобладанием незрелых форм нейтрофилов и исчезновением других форм лейкоцитов (эозинофилов, базофилов).

При работе увеличивается отдача кислорода из крови в ткани. Соответственно, становятся **больше артериовенозная разность по кислороду и коэффициент использования кислорода**.

Рост кислородного долга при передвижениях спортсменов на средних и длинных дистанциях сопровождается увеличением в крови концентрации молочной кислоты и снижением рН крови.

В связи с потерей воды и увеличением количества форменных элементов повышение вязкости крови достигает 70%.

## **2. Функциональные сдвиги при нагрузках постоянной мощности**

Функциональные изменения в организме спортсмена зависят от характера физической нагрузки. **Если работа совершается с относительно постоянной мощностью** (что характерно для циклических упражнений, выполняемых на средних, длинных и сверхдлинных дистанциях), **то степень функциональных сдвигов зависит от уровня ее мощности**.

**Чем больше мощность работы, тем больше потребление кислорода в единицу времени, МОК и МОД, ЧСС, выброс катехоламинов (адреналин, норадреналин).**

Эти изменения имеют индивидуальные особенности, связанные с генетическими свойствами организма: у некоторых лиц реакция на нагрузку сильно выражена, у других – незначительна.

Функциональные сдвиги также зависят от уровня работоспособности и спортивного мастерства. Имеются также половые и возрастные различия. При одинаковой мощности мышечной работы функциональные сдвиги больше у менее подготовленных лиц, а также у женщин по сравнению с мужчинами и у детей по сравнению со взрослыми.

Особенно следует отметить **прямо пропорциональную зависимость между мощностью работы и ЧСС**, которая у взрослых тренированных лиц наблюдается в диапазоне от 130 до 180 уд./мин, а у пожилых – от 110

до 150–160 уд./мин. Эта закономерность позволяет контролировать мощность работы спортсменов на дистанции (например, у пловцов, бегунов, лыжников с помощью кардиолидеров), а также она лежит в основе различных тестов физической работоспособности, т.к. регистрация ЧСС наиболее доступна в естественных условиях двигательной деятельности.

### **3. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности**

Работа переменной мощности особенно характерна для спортивных игр и единоборств, она наблюдается и при стандартных ациклических упражнениях – в гимнастике, акробатике, фигурном катании и др., а также при рывках, спуртах, финишировании в циклических упражнениях.

**Каждое изменение мощности работы требует нового сдвига активности различных органов и систем организма спортсмена.**

При этом быстрые изменения в деятельности ЦНС и двигательного аппарата не могут сопровождаться столь же быстрыми перестройками вегетативного обеспечения работы. На этот переходный процесс затрачивается некоторое время, так называемое **время задержки**. В это время ткани организма испытывают недостаточность кислородного снабжения и возникает кислородный долг.

**Чем больше спортсмен адаптирован к работе переменной мощности, тем меньше у него время задержки**, т.е. быстрее возникают сдвиги в дыхании, кровообращении, энерготратах и накапливается меньший кислородный долг.

Вегетативные системы у адаптированных спортсменов становятся более лабильными – они легче повышают функциональную активность при увеличении мощности работы и быстрее успевают восстанавливаться при каждом ее снижении, даже в процессе работы. Важно при этом, что восстановление по ходу работы не доводит функциональные показатели до уровня покоя, а сохраняет их на некотором оптимальном уровне. Например, ЧСС в процессе игры в баскетбол колеблется в диапазоне от 130 до 180 уд/мин. У фехтовальщиков в ходе тренировочных индивидуальных уроков или соревновательных поединков каждая отдельная микропауза позволяет несколько снять высокий уровень нервно-эмоциональной напряженности и немного восстановить функции дыхания и кровообращения, но при этом сохраняется необходимый рабочий уровень их показателей и не удлиняется время реакции.

Для тестирования адаптации спортсменов к работе переменной мощности используют физические нагрузки (степ-тест, велоэргометрический тест), в которых в случайном порядке или с определенной закономерностью варьируют мощность работы и при этом регистрируют ЧСС (или другие физиологические показатели). Расчет корреляции ЧСС и мощности нагрузки позволяет судить о приспособленности организма конкретного спортсмена к данной работе.

### Вопросы для аудиторного и самоконтроля

1. Какие изменения наблюдаются в ЦНС и двигательном аппарате при физических нагрузках?
2. Что понимают: а) под рабочей доминантой? б) двигательным динамическим стереотипом?
3. Адаптация дыхательной системы человека к физическим нагрузкам (изменения частоты дыхания, глубины дыхания, МОД и др.).
4. Адаптация сердечно-сосудистой системы человека к физическим нагрузкам (изменения частоты сердечных сокращений, артериального давления, ударного объема крови, минутного объема крови).
5. Гипертрофия сердца. Функциональные резервы сердечно-сосудистой системы.
6. Адаптивные изменения в системе крови при физических нагрузках (увеличение количества форменных элементов, артериовенозной разности по кислороду и др.).
7. Адаптация пищеварительной системы человека к физическим нагрузкам.
8. Адаптация выделительной системы человека к физическим нагрузкам.
9. Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам.
10. Функциональные изменения в организме спортсмена при нагрузках постоянной мощности.
11. Функциональные сдвиги при нагрузках переменной мощности. Что понимают под временем задержки?

## Лекция 4

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ

1. Общая характеристика двигательных умений и навыков.
2. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков.
3. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков.

#### 1. Общая характеристика двигательных умений и навыков

В процессе жизнедеятельности человека формируются различные двигательные умения и навыки, составляющие основу его поведения.

Основу технического мастерства спортсменов составляют двигательные умения и навыки, формирующиеся в процессе тренировки и существенно влияющие на спортивный результат. Считают, что эффективность спортивной техники за счет навыка повышается в циклических видах спорта на 10 – 25%, в ациклических – еще более.

**Двигательное умение** – это такой уровень овладения двигательным действием, при котором управление движениями осуществляется при активной роли мышления.

Спортсмену необходимо умение мгновенно оценивать возникшую ситуацию, быстро и эффективно перерабатывать поступающую информацию, выбирать в условиях дефицита времени адекватную реакцию и формировать наиболее результативные действия. Эти способности в наибольшей мере проявляются в спортивных играх и единоборствах, которые относят к ситуационным видам спорта.

**Характерными признаками двигательного умения являются:**

- управление движениями происходит не автоматизировано;
- контролируется каждое движение;
- невысокая быстрота выполнения действия;
- действие выполняется неэкономно, при значительной степени утомления;
- относительная расчлененность движений;
- нестабильность действия;
- непрочное запоминание действия.

**Формирование умений является предпосылкой для последующего формирования двигательных навыков.**

В тех случаях, когда отрабатываются одни и те же движения, которые в неизменном порядке повторяются на тренировках и во время соревнований (особенно в стандартных видах спорта), двигательные умения спортсменов закрепляются в виде специальных навыков.

Для двигательного навыка характерно выполнение движения со значительно меньшим контролем сознания за деталями техники. Сознание направлено, главным образом, на узловые компоненты действия, восприятие изменяющейся обстановки и конечные результаты действия. Данная особенность и составляет сущность двигательного навыка.

Например, опытные лыжники сосредотачивают свое внимание на изменении рельефа местности, темпе прохождения дистанции, усилии при отталкивании; метатели копья – на выполнении мощного финального усилия и т.д.

**Характерными признаками двигательного навыка являются:**

- автоматизированное управление движениями;
- слитность движений (объединение ряда элементарных движений в единое целое);
- отсутствие излишнего напряжения мышц;
- высокая быстрота выполнения действий;
- экономичность и точность движений;
- высокая устойчивость действия;
- прочность запоминания.

Навык, если он сформирован и достаточно закреплен, не исчезает даже при длительных перерывах.

Например, человеку, умеющему плавать, ездить на велосипеде, играть в теннис и т.п., даже после многолетнего перерыва не нужно заново учиться этим двигательным действиям.

Таким образом, в процессе обучения двигательному действию изменяется характер управления движениями. В результате повышается уровень овладения двигательным действием: первым (начальным) уровнем овладения действием является двигательное умение; вторым – двигательный навык.

**Итак, двигательные навыки – это освоенные и упроченные действия, которые могут осуществляться без участия сознания (автоматически) и обеспечивают оптимальное решение двигательной задачи.**

В понимание физиологических механизмов двигательных навыков особый вклад внесли выдающиеся физиологи И. П. Павлов, В. М. Бехтерев,



А. А. Ухтомский, П. К. Анохин, Н. А. Бернштейн, А. Н. Крестовников, Н. В. Зимкин, В. С. Фарфель и др.

Любые навыки – бытовые, профессиональные, спортивные – не являются врожденными движениями. Они приобретены в ходе индивидуального развития. Возникая в результате подражания, условных рефлексов или по речевой инструкции, двигательные акты осуществляются специальной **функциональной системой** нервных центров (Анохин П. К., 1975).

**Деятельность этой системы включает следующие процессы:**

- синтез афферентных раздражений (информации из внешней и внутренней среды);
- учет доминирующей мотивации (предпочтение действий);
- использование памятных следов (арсенала движений и изученных тактических комбинаций);
- формирование моторной программы и образа результата действий;
- внесение сенсорных коррекций в программу, если результат не достигнут.

Комплекс нейронов, обеспечивающих эти процессы, располагается на различных этажах нервной системы, становясь **доминантой**, т.е. господствующим очагом возбуждения в центральной нервной системе. Он подавляет деятельность посторонних нервных центров и, соответственно, лишние скелетных мышц (Ухтомский А. А., 1923). В результате движения выполняются все более экономно, при включении лишь самых необходимых мышечных групп и лишь в те моменты, которые нужны для его осуществления. **Происходит экономизация энерготрат.**

Порядок возбуждения в доминирующих нервных центрах закрепляется в виде определенной системы условных и безусловных рефлексов и сопровождающих их вегетативных реакций, образуя **двигательный динамический стереотип** (Павлов И. П.; Крестовников А. Н., 1954).

Каждый предшествующий двигательный акт в этой системе запускает следующий. Это облегчает выполнение целостного упражнения и освобождает сознание человека от простейшего контроля за каждым его элементом.

Роль условно-рефлекторного механизма образования двигательных навыков доказывается, в частности, тем, что выработанные навыки во многом угасают при перерывах в тренировке (при отсутствии подкрепления). Навыки, в основном, представляют условные рефлексы, в которых новым отделом рефлекторной дуги является ее эффекторная часть, т.е. создается новая форма

движения или новая комбинация из ранее освоенных действий. Построение новой формы движений на основе имеющихся элементов Н. В. Зимкин (1975) отнес к явлениям **экстраполяции** (использования предшествующего опыта) обучения человека.

Навыки циклических движений более стабильны по сравнению с ациклическими, т.к. в их основе лежат повторения одинаковых циклов:

элементы циклических движений 1 – 2 – 1 – 2 – 1 – 2...

элементы ациклических движений 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6...

Циклические движения превращаются в навык при переходе от отдельных двигательных актов к последовательной их цепи – от отдельных шагов к ходьбе и бегу, от начертания отдельных букв к письму и т.п. При этом к процессам коркового управления движениями подключаются древние автоматизмы, осуществляемые подкорковыми ядрами головного мозга.

Навыки в ситуационных видах спорта (спортивных играх, единоборствах) отличаются наибольшей вариативностью. Стереотипы в этих видах спорта формируются лишь при овладении отдельными элементами техники (например, в штрафных бросках). Автоматизация этих навыков позволяет быстрее включать их в новые движения. В стандартных видах спорта навыки более стереотипны. Их стабильность повышается по мере роста спортивного мастерства. Но и здесь необходимо сохранение определенного уровня вариативности навыков для их адаптации к разным условиям выполнения.

## **2. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков**

Процесс обучения двигательному навыку начинается с определенного побуждения к действию, которое задается подкорковыми и корковыми мотивационными зонами. У человека это, главным образом, стремление к удовлетворению определенной социальной потребности (любовь к данному виду спорта, желание им заниматься, преуспеть в упражнении и пр.). Оптимальный уровень мотиваций и эмоций способствует успешному усвоению двигательной задачи и ее решению.

**Замысел и общий план действия.** На первом этапе формирования двигательного навыка возникает замысел действия, осуществляемый ассоциативными зонами коры больших полушарий (переднелобными и нижнетеменными). Они формируют общий план осуществления движения. Вначале это лишь общее представление о двигательной задаче, которое возникает

либо при показе движения другим лицом (педагогом, тренером или опытным спортсменом), либо после словесной инструкции, самоинструкции, речевого описания. В сознании человека создается определенный эталон требуемого действия.

Эту функцию П. К. Анохин назвал «опережающее отражение действительности». Формирование такой наглядно-образной модели складывается из образа ситуации в целом (задаваемые пространственные и временные характеристики двигательной задачи) и образа тех мышечных действий, которые необходимы для достижения цели. Имея представление о требуемой модели движения, человек может осуществить ее разными мышечными группами. Так, например, подпись человека имеет характерные черты, независимо от мышечных групп, выполняющих ее (пальцы, кисть, предплечье, нога).

Особое значение имеют в этом процессе восприятие и переработка зрительной информации (при показе) и слуховой (при рассказе). Опытные спортсмены быстрее формируют зрительный образ движения, т.к. у них лучше выражена поисковая функция глаза и они способны эффективно выделять наиболее важные элементы. У них богаче кладовая «моторной памяти» — хранящиеся в ней образы освоенных движений, быстрее происходит извлечение нужных моторных следов.

**Стадии формирования двигательных навыков.** На втором этапе обучения начинается непосредственное выполнение разучиваемого упражнения. При этом отмечаются 3 стадии формирования двигательного навыка:

- 1) стадия генерализации (иррадиации возбуждения);
- 2) стадия концентрации;
- 3) стадия стабилизации и автоматизации.

Охарактеризуем эти стадии.

На **первой стадии** созданная модель становится основой для перевода внешнего образа во внутренние процессы формирования программы собственных действий.

В создании моторных программ принимают участие многие нейроны коры больших полушарий, мозжечка, таламуса, подкорковых ядер и ствола мозга. При первых попытках выполнить новое двигательное действие в коре головного мозга одновременно возбуждаются нервные центры, обеспечивающие выполнение данного движения, и соседние центры, не участвующие в работе. Обширное вовлечение множества мозговых элементов необходимо для поиска наиболее нужных из них. **Этот процесс обеспечивается широкой иррадиацией возбуждения по различным зонам мозга и сопровождается**

**обобщенным характером периферических реакций – их генерализацией.** В силу этого первая стадия начинающихся попыток выполнить задуманное движение называется **стадией генерализации.**

Она характеризуется напряжением большого числа активированных скелетных мышц, их продолжительным сокращением, одновременным вовлечением в движения мышц-антагонистов, отсутствием интервалов в ЭМГ (электромиограмме) во время расслабления мышц.

Все это нарушает координацию движений, делает их неточными и закрепощенными, приводит к значительным энерготратам и, соответственно, излишне выраженным вегетативным реакциям. На этой стадии наблюдаются особенное учащение дыхания и сердцебиения, подъем артериального давления, резкие изменения состава крови, заметное повышение температуры тела и потоотделения. Однако нет достаточной согласованности этих сдвигов между собой и их соответствия мощности и характеру работы.

Массированный поток афферентных импульсов от проприорецепторов многих мышц затрудняет отделение основных рабочих мышечных групп от посторонних. Анализ «мышечного чувства» еще более осложняется обильным притоком interoцептивных сигналов – в первую очередь, от рецепторов дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Требуются многократные повторения разучиваемого упражнения для постепенного совершенствования моторной программы и приближения ее к заданному эталону.

В процессах программирования используются имеющиеся у человека представления о «схеме тела», без которых невозможна правильная адресация моторных команд к скелетным мышцам в разных частях тела, и «схеме пространства», обеспечивающей пространственную организацию движений. Нейроны, связанные с этими функциями, находятся в нижнетеменной ассоциативной области задних отделов коры больших полушарий. Организация движений во времени, оценка ситуации, построение последовательности двигательных актов, их сознательная целенаправленность осуществляются переднелобной ассоциативной корой. Только в ней имеются специальные нейроны кратковременной памяти, которые удерживают созданную программу от момента прихода в кору внешнего пускового сигнала (или от момента самоприказа) до момента осуществления моторной команды.

**На второй стадии формирования двигательного навыка происходит концентрация возбуждения в необходимых для его осуществления корковых зонах.**

После неоднократных повторений нервные процессы в коре головного мозга постепенно локализуются в тех центрах, которые непосредственно обеспечивают выполнение движения, а соседние центры как бы «выключаются». В посторонних зонах коры активность подавляется одним из видов условного внутреннего торможения – дифференцировочным торможением. Включаются лишь необходимые мышечные группы и только в нужные моменты движения, что можно видеть на записях ЭМГ. В результате рабочие энерготраты снижаются.

Навык на этой стадии уже сформирован, но он еще очень непрочен и нарушается при любых новых раздражениях (выступление на незнакомом поле, появление сильного соперника и т. д.). Эти воздействия разрушают еще неокрепшую рабочую доминанту, едва установившиеся межцентральные взаимосвязи в мозгу и вновь приводят к иррадиации возбуждения и потере координации.

Наблюдаются уменьшение мышечной фиксации и скованности движений, улучшение координации движений отдельных звеньев тела, сохранение постоянного темпа, ритма и величины усилий, естественная пластичность движений, но все еще слабая устойчивость к помехам (нагрузка, эмоциональное напряжение, стрессы и т.д.);

Характерен периодический контроль сознания над выполнением движения.

**Третья стадия** характеризуется стабилизацией, высокой степенью координации и автоматизации движений. На этой стадии в полной мере проявляются все признаки двигательного навыка.

На этой стадии в результате многократного повторения навыка в разнообразных условиях помехоустойчивость рабочей доминанты повышается. Появляется **стабильность и надежность навыка**, снижается сознательный контроль за его элементами, т.е. возникает автоматизация навыка. Прочность рабочей доминанты поддерживается четкой сонстройкой ее нейронов на общий ритм корковой активности. Такое явление было названо А. А. Ухтомским **усвоением ритма**.

При циклической работе ритм корковой активности соответствует темпу выполняемого движения: в ЭЭГ появляются потенциалы, соответствующие этому темпу, – «меченые ритмы» ЭЭГ. Внешние раздражения на этой стадии лишь подкрепляют рабочую доминанту, не разрушая ее. Большая же часть посторонних афферентных потоков не пропускается в спинной и головной мозг: специальные команды из вышележащих центров вызывают

пресинаптическое торможение импульсов от периферических рецепторов, препятствуя их доступу в спинной мозг и вышележащие центры. Этим обеспечивается защита сформированных программ от случайных влияний и повышается надежность навыков.

Для 3-й стадии характерны стабилизация процесса возбуждения и четкое согласование процессов возбуждения и торможения; отсутствие мышечного напряжения, скованности движений, точное согласование движений между отдельными звеньями тела, рациональное выполнение движений с оптимальной дозировкой усилий, амплитуды, темпа и ритма; структура движений сохраняется, несмотря на помехи.

### 3. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков

В процессе тренировки происходит постоянное сличение созданной модели навыка и реальных результатов его выполнения. По мере роста спортивного мастерства совершенствуется сама модель требуемого действия, уточняются моторные команды, а также улучшается анализ сенсорной информации о движении.

**Особое значение в отработке моторных программ имеют обратные связи.** Информация, поступающая в нервные центры по ходу движения, служит для сравнения полученного результата с имеющимся эталоном. При их несовпадении в программу вносятся поправки – сенсорные коррекции. При кратковременных движениях (прыжках, бросках, метаниях, ударах) рабочие фазы настолько малы (сотые и тысячные доли секунды), что сенсорные коррекции по ходу движения вносить невозможно. В этих случаях вся программа действия должна быть готова до начала двигательного акта, а поправки могут вноситься лишь при его повторениях.

В системе обратных связей различают **«внутренний контур»** регуляции движений, передающий информацию от двигательного аппарата и внутренних органов (в первую очередь – от рецепторов мышц, сухожилий и суставных сумок), и **«внешний контур»**, несущий сигналы от экстерорецепторов (главным образом, зрительных и слуховых). При первых попытках выполнения движений, благодаря множественному и неопределенному характеру мышечной афферентации, основную роль в системе обратных связей играют сигналы «внешнего контура» – зрительный и слуховой контроль. Поэтому на начальных этапах освоения двигательных навыков так важно использовать

зрительные ориентиры и звуковые сигналы для облегчения процесса обучения. По мере освоения навыка «внутренний контур» регуляции движений приобретает все большее значение, обеспечивая автоматизацию навыка, а роль «внешнего контура» снижается.

Процесс обучения навыку ускоряется при разного рода дополнительной информации об успешности выполнения упражнения – указания тренера, просмотр кинокадров, видеофильмов, записей ЭМГ и др.

Особенно ценной для обучаемого является срочная информация, поступающая непосредственно в период выполнения упражнения или при повторных попытках. С помощью дополнительной срочной информации можно сообщать спортсмену такие параметры движений, которые им не осознаются и, следовательно, не могут произвольно контролироваться. Тем самым повышается возможность совершенствования спортивной техники.

**Особое значение в процессе моторного научения имеет речевая регуляция движений** (словесные указания педагога, внутренняя речь обучаемого). С помощью речи формируются в коре избирательные взаимосвязи, лежащие в основе моторных программ. В высших отделах мозга человека обнаружены специальные «командные» нейроны, которые реагируют на словесные приказы и запускают нужные действия.

Наряду с совершенствованием навыков моторных действий у спортсменов происходит формирование навыков тактического мышления – специализированной формы умственной деятельности. Повторяя определенные тактические комбинации, спортсмены автоматизируют мыслительные операции. Это позволяет многие решения принимать почти мгновенно, как бы интуитивно, а осознавать их уже после выполнения (например, в боксе, фехтовании).

**В экстремальных условиях мышечной работы, при развитии утомления надежность навыка поддерживается путем мобилизации функциональных резервов мозга** – дополнительным вовлечением нервных центров, включением в систему управления движениями другого полушария. Особенно при этом важно усиление в этой системе роли лобных ассоциативных областей, что указывает на произвольное преодоление утомления. Такая мобилизация резервов мозга в начальной стадии утомления полезна, т.к. способствует адаптации нервной системы к нагрузке и сохранению навыка. При глубоком утомлении система управления движениями разрушается и навык теряется.

**При действии различных сбивающих факторов** (внешних помех, эмоционального стресса, резких изменениях гомеостаза и др.), сопровождающих

соревновательную деятельность спортсмена, **происходят нарушения двигательных навыков и потеря их автоматизации**, т.е. дезавтоматизация. Эти явления больше выражены у менее подготовленных спортсменов, недостаточно упрочивших демонстрируемые навыки, у юных спортсменов, у лиц, обладающих нестабильностью нервных процессов и повышенной возбудимостью, при низком уровне общей и специальной работоспособности. Так, недостаточная адаптация к высокому темпу двигательной деятельности в ситуационных видах спорта нарушает навыки точностных движений (бросков и передач мяча, шайбы, ударов в боксе и пр.). Недостаточное освоение переключений от интенсивной лыжной гонки к стабильной позе и тонкой регуляции нажима спускового крючка, требующих смены одной доминирующей группы нервных центров на другую, снижает меткость стрельбы у биатлонистов.

Снижение функционального состояния организма спортсмена при заболеваниях, кислородном голодании, алкогольном отравлении и пр. понижает устойчивость рабочей доминанты и обнаруживается нарушением навыков действий.

При перерывах в тренировках могут сохраняться основные черты навыка, последовательность его фаз, но теряется способность эффективного выполнения тонких его элементов. В наибольшей степени утрачиваются самые сложные элементы навыка, а также вегетативные его компоненты.

### **Вопросы для аудиторного и самоконтроля**

1. Дайте определение понятия «двигательное умение».
2. Назовите характерные признаки двигательного умения.
3. Дайте определение двигательного навыка.
4. Укажите характерные признаки двигательного навыка.
5. Какие процессы включает специальная функциональная система нервных центров, осуществляющая двигательные акты?
6. Дайте определение доминанты.
7. Что понимают под двигательным динамическим стереотипом?
8. Охарактеризуйте этапы формирования двигательного навыка.
9. Охарактеризуйте стадии формирования двигательного навыка.
10. Какое значение в отработке моторной программы имеют обратные связи?
11. Роль речевой регуляции движений в процессе моторного научения.
12. В каких случаях могут происходить нарушения двигательных навыков?



## Лекции 5 – 6

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

1. Критерии классификации спортивных упражнений.
2. Физиологическая классификация физических упражнений.
3. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок.
4. Физиологическая характеристика стандартных циклических и ациклических движений.
5. Физиологическая характеристика нестандартных движений.

Физические упражнения – это двигательная деятельность, с помощью которой решаются задачи физического воспитания – образовательная, воспитательная и оздоровительная.

Физические упражнения чрезвычайно многообразны. Для их классификации невозможно применить один единственный критерий. Этим объясняется наличие различных систем физиологической классификации по разным критериям, положенным в их основу.

#### 1. Критерии классификации спортивных упражнений

В связи с многообразием физических упражнений, различными их формами и физиологическими механизмами в основу классификации положены различные критерии. Рассмотрим некоторые из них.

**Энергетические критерии.** Согласно этим критериям упражнения классифицируют по преобладающим источникам энергии (аэробные и анаэробные) и уровню энерготрат (единичные – ккал в 1 с, и суммарные – на всю выполненную работу).

**Биомеханические** – выделяющие по структуре движений упражнения циклические, ациклические и смешанные.

**Критерии ведущего физического качества.** Согласно этим критериям упражнения подразделяют на силовые, скоростные, скоростно-силовые, выносливостные, координационные или сложнотехнические.

**Критерии предельного времени работы.** Согласно этим критериям упражнения подразделяют по зонам относительной мощности.

Классификация по энергетическим критериям рассматривает подразделение спортивных упражнений по преобладающему источнику энергии: анаэробные алактатные (осуществляемые за счет энергии фосфагенной

системы – АТФ и КрФ), анаэробные лактатные (за счет энергии гликолиза – распада углеводов с образованием молочной кислоты) и аэробные (за счет энергии окисления углеводов и жиров). Соотношение аэробных и анаэробных источников энергии зависит от длительности работы (табл.).

Таблица. – Соотношение анаэробных и аэробных источников энергии (%) при различной длительности физических упражнений (по P. Estrand et al., 1970; И. В. Аулик, 1979, 1990)

Путь энергопродукции	Продолжительность работы							
	10 с	1 мин	2 мин	4 мин	10 мин	30 мин	1 ч	2 ч
Анаэробный	85	70	50	30	10	5	2	1
Аэробный	15	30	50	70	90	95	98	99

Согласно классификации по уровню энерготрат выделяют упражнения по величине суммарных и единичных затрат энергии. С увеличением длины дистанции суммарные энерготраты растут, а единичные снижаются.

## 2. Современная классификация физических упражнений

Общепринятой в настоящее время считается классификация физических упражнений, предложенная московским физиологом В. С. Фарфелем (1970). В этой системе в силу многообразия и разнохарактерности физических упражнений применены различные критерии классификации.

Все спортивные упражнения разделены первоначально на позы и движения. Затем все движения подразделены по критерию стандартности на стандартные, или стереотипные (с повторяющимся порядком действий) и нестандартные, или ситуационные (спортивные игры и единоборства).

Стандартные движения разбиты на 2 группы по характеру оценки спортивного результата: на упражнения качественного (с оценкой в баллах – гимнастика, фигурное катание, прыжки в воду и др.) значения и количественного (с оценкой в килограммах, метрах, секундах).

Из последних выделены упражнения с разной структурой – ациклические и циклические. Среди ациклических упражнений выделены собственно-силовые (тяжелая атлетика), скоростно-силовые (прыжки, метания) и прицельные (стрельба).

Циклические упражнения по предельному времени работы разбиты по зонам относительной мощности – максимальной мощности (продолжаю-

щиеся до 10–30 с), субмаксимальной (от 30–40 с до 3–5 мин), большой (от 5–6 мин до 20–30 мин) и умеренной мощности (от 30–40 мин до нескольких часов). При этом учитывалось, что физическая нагрузка не равна физиологической нагрузке на организм человека, а основной величиной, характеризующей физиологическую нагрузку, является предельное время выполнения работы.

### **Схема физиологической классификации упражнений в спорте (по В. С. Фарфелю, 1970, 1975)**

#### **ПОЗЫ**

- Лежание
- Сидение
- Стояние
- С опорой на руки

#### **ДВИЖЕНИЯ**

##### **I. Стереотипные (стандартные) движения**

- 1) качественного значения (с оценкой в баллах)
- 2) количественного значения (с оценкой в килограммах, метрах, секундах)

##### **Циклические**

*По зонам мощности:*

- Максимальной
- Субмаксимальной
- Большой
- Умеренной

##### **Ациклические**

- Собственно-силовые
- Скоростно-силовые
- Прицельные

##### **II. Ситуационные (нестандартные) движения**

- Спортивные игры
- Единоборства
- Кроссы

### 3. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок

Двигательная деятельность человека проявляется в поддержании позы и выполнении двигательных актов.

**Поза** – это закрепление частей скелета в определенном положении. При этом обеспечивается **поддержание заданного угла или необходимого напряжения мышц.**

При сохранении позы скелетные мышцы осуществляют две формы механической реакции: тонического напряжения (пока возможно достаточно стабильное сохранение позы) и фазных (тетанических) сокращений (для коррекции позы при ее заметных отклонениях от заданного положения и при больших усилиях).

**Основные позы**, которые сопровождают спортивную деятельность, – это:

- лежание (плавание, стрельба);
- сидение (гребля, авто-, вело- и мотоспорт, конный спорт и др.);
- стояние (тяжелая атлетика, борьба, бокс, фехтование и др.);
- с опорой на руки (висы, стойки, упоры).

При **лежании** усилия мышц минимальны, **сидение** требует напряжения мышц туловища и шеи, а **стояние** – из-за высокого положения общего центра масс и малой опоры – значительных усилий антигравитационных мышц-разгибателей задней поверхности тела.

Наиболее сложными являются **позы с опорой на руки**. В позах «вис» и «упор» координация менее сложна, но требуются большие усилия мышц (например, упор руки в сторону на кольцах).

Наибольшую сложность представляют **стойки** (например, стойка на кистях). В этом случае требуется не только большая сила мышц рук, но и хорошая координация при малой опоре и необычном положении вниз головой, которое вызывает у нетренированных лиц значительный приток крови к голове и массивную афферентную импульсацию от смещенных внутренних органов и от вестибулярного аппарата.

**Правильная организация позы** имеет большое значение для двигательной деятельности. Она является основой любого движения, обеспечивая опору работающим мышцам, выполняя фиксацию суставов в нужные моменты (например, при отталкивании ног от опоры при ходьбе). Закрепляя тело человека в вертикальном положении, она осуществляет **антигравитационную функцию**, помогая преодолеть силу земного притяжения и противодействуя падению. Поддержание сложных поз (например, при выполнении

на одной ноге высокого равновесия на полупальцах в художественной гимнастике) в неподвижном положении или при движении обеспечивает **сохранение равновесия тела**.

Позы, как и движения, могут быть **произвольными и произвольными**. Произвольное управление позой осуществляется корой больших полушарий. После автоматизации многие позыные реакции могут осуществляться произвольно, без участия сознания. В организации произвольных поз участвуют условные и безусловные рефлексы. Специальные статические и статокINETические рефлексы поддержания позы (установочные рефлексы) происходят с участием продолговатого и среднего мозга.

Различают **рабочую позу**, обеспечивающую текущую деятельность, и **предрабочую позу**, которая необходима для подготовки предстоящего действия.

Поза может быть **удобной** (и тогда работоспособность человека повышается) и **неудобной** (при которой эффективность работы снижается). Например, при стендовой стрельбе в положении стоя опытные спортсмены так распределяют нагрузку на части скелета, что в ЭМГ наблюдается минимальная активность мышц туловища. Это позволяет спортсменам длительное время стоять без утомления. В то же время у менее подготовленных стрелков при плохой организации позы имеется значительное напряжение мышц, что быстро приводит к утомлению и снижению точности стрельбы.

Работая **в условиях неподвижной позы, человек выполняет статическую работу**. При этом его мышцы работают в **изометрическом режиме** и их **механическая работа равна нулю**, т.к. отсутствует перемещение тела или его частей (поскольку  $A = P \times H$ , а  $H = 0$ , то и  $A = 0$ ). Однако с физиологической точки зрения человек испытывает определенную нагрузку, тратит на нее энергию, устает, и его работа может оцениваться по длительности ее выполнения. В спорте, как правило, статическая работа связана с большим напряжением мышц.

**В ЦНС** (в первую очередь – в моторной области коры) при такой работе создается **мощный очаг возбуждения – рабочая доминанта**, которая оказывает тормозящее влияние на другие нервные центры, в частности на центры дыхания и сердечной деятельности. При этом, в отличие от динамической работы, активность нервных центров должна поддерживаться непрерывно, без интервалов отдыха, поэтому **статические напряжения весьма утомительны и не могут поддерживаться длительное время**.

В **двигательном аппарате** при статической работе наблюдается непрерывная активность мышц, что делает ее более утомительной, чем динамическая работа с той же нагрузкой.

Лишь при статических напряжениях, не превышающих 7–8% от максимальных, кровоснабжение мышц обеспечивает необходимый кислородный запрос. При 20% статических усилиях кровотоков через мышцу уменьшается в 5–6 раз, а при усилиях более 30% от максимальной произвольной силы – прекращается вовсе.

**Феномен Линдгарта – Верещагина.** Изменения вегетативных функций при статических упражнениях демонстрируют так называемый **феномен статических усилий** (или феномен Линдгарта – Верещагина): в момент выполнения работы уменьшаются ЖЕЛ, глубина и частота дыхания, МОД; падает ЧСС и СО, потребление кислорода, а после окончания статической работы наблюдается резкое повышение этих показателей.

Следовательно, феномен Линдгарта характеризуется послерабочим усилением деятельности вегетативных систем, которое длится 1–2 мин, усиливаются функции дыхания и кровообращения.

**Этот эффект больше выражен у новичков**, и по мере адаптации спортсменов к статической работе он проявляется гораздо меньше.

По мнению самого Линдгарта, механизм данного феномена обусловлен сжатием кровеносных сосудов во время статического усилия, уменьшением их кровоснабжения, отсутствием возможности попадания продуктов метаболизма в кровь, работой мышц в анаэробных условиях. После окончания усилия продукты анаэробного обмена попадают в кровь, вызывают раздражение дыхательного и сердечно-сосудистого центров продолговатого мозга, и, как следствие, – усиливаются функции дыхания и кровообращения.

Верещагин предположил, что механизм феномена Линдгарта основан на угнетении деятельности нервных центров из-за возникновения доминантного очага возбуждения в ЦНС, из-за потока афферентных нервных импульсов в мозг. После окончания усилия доминанта снижается, возбудимость дыхательного и сосудодвигательного центра восстанавливается.

При тренировке статических усилий развивается способность депонировать кровь в капиллярно-венозные сети малого круга кровообращения. Благодаря этому, систолический объем в моменты выполнения статического усилия может не уменьшаться, что сохраняет и МОК. В этом случае послерабочее усиление функций вегетативных систем сглажено (что характерно для тренированных спортсменов).

Напряжение скелетных мышц при позно-тонических реакциях и статических усилиях оказывает в результате повышенной проприоцептивной импульсации регулирующее влияние на вегетативные процессы – моторно-висцеральные рефлексy.

Это, в частности, нарастание ЧСС (моторно-кардиальные рефлексy) и угнетение работы почек – уменьшение диуреза (моторно-ренальные рефлексy). Так, при положении вниз головой ЧСС составляет 50, при лежании – 60, сидении – 70, стоянии – 75 уд./мин, а количество мочи, образовавшейся за 1,5 ч в позе лежания, – 177 мл, а в позе стояния – 136 мл.

#### 4. Физиологическая характеристика стандартных циклических и ациклических движений

Стандартные, или стереотипные, движения характеризуются сравнительным постоянством движений и их последовательностью, закрепляемой в виде двигательного динамического стереотипа. По структуре движений различают циклические и ациклические стандартные движения.

##### 4.1. Стандартные циклические движения

Стандартные циклические упражнения отличаются повторением одних и тех же двигательных актов (1 – 2 – 1 – 2 – 1 – 2 и т.д.). По предельной длительности работы они подразделяются на 4 зоны относительной мощности: максимальную, субмаксимальную, большую и умеренную.

**Работа максимальной мощности** продолжается до 20–30 с (например, спринтерский бег на 60, 100 и 200 м; плавание на 25 и 50 м; велогонки на треке – гиты на 200 и 500 м и т.п.).

**Гит** – вид индивидуальной велотрековой гонки на время. Гит в классическом виде – гонка со стартом с места на дистанцию 1000 м у мужчин, на 500 – у женщин.

Такая работа относится к **анаэробным алактатным нагрузкам**, т.е. выполняется на 90–95% за счет энергии фосфагенной системы – АТФ и креатинфосфата (КрФ). Единичные энерготраты предельные – достигают 4 ккал/с, зато суммарные – минимальны (около 80 ккал).

**Фосфагены** – высокоэнергетические (макроэргические) фосфатсодержащие соединения, включая креатинфосфат, который находится в основном в скелетных мышцах, а также в других тканях организма (сердце, сперме и головном мозге).

Организм использует фосфагенную систему для немедленного генерирования энергии, которую организм получает с высокой скоростью.

Огромный кислородный запрос (порядка 8 л или в пересчете на 1 мин  $\approx 40$  л) во время работы удовлетворяется крайне незначительно (менее 0,1), но кислородный долг не успевает достичь большой величины из-за кратковременности нагрузки.

Короткий рабочий период недостаточен для заметных сдвигов в системах дыхания и кровообращения. Однако в силу высокого уровня предстартового возбуждения ЧСС достигает высокого уровня – до 200 уд./мин. В результате активного выхода из печени углеводов в крови обнаруживается повышенное содержание глюкозы – гипергликемия.

**Ведущими системами организма при работе в зоне максимальной мощности являются ЦНС и двигательный аппарат**, т.к. требуется высокий уровень возбудимости и лабильности нервных центров и скелетных мышц, хорошая подвижность нервных процессов, способность к быстрому расслаблению мышечных волокон и достаточные запасы в них креатинфосфата.

**Кислородный запрос** – количество кислорода, которое необходимо организму при выполнении физической работы для полного удовлетворения энергетических потребностей за счет аэробных процессов.

**Кислородный приход** – реальное потребление кислорода при интенсивной мышечной деятельности.

**Кислородный дефицит** – разность между кислородным запросом и кислородным приходом.

**Кислородный долг.** После окончания работы потребление кислорода продолжает оставаться повышенным по сравнению с состоянием покоя. Этот излишек кислородного потребления и получил название **кислородного долга**. Кислородный долг всегда больше кислородного дефицита, и чем выше интенсивность и продолжительность работы, тем значительнее это различие.

**Работа субмаксимальной мощности** продолжается от 20–30 с до 3–5 мин (например, бег на средние дистанции – 400, 800, 1000 и 1500 м; плавание на дистанции 100, 200 и 400 м; скоростной бег на коньках на 500, 1000, 1500 и 3000 м; велогонки – гиты на 1000 м; гребля – 500, 1000 м и др.).

К ней относятся нагрузки **анаэробно-аэробного характера**. С увеличением дистанции скорость локомоций в этой зоне резко падает, и, соответственно, быстро снижаются единичные энерготраты (и составляют от 1,5 до 0,6 ккал/с), зато суммарные энерготраты возрастают (и составляют от 150 до 450 ккал).

Покрытие энерготрат преимущественно за счет анаэробных реакций гликолиза приводит к **предельному нарастанию концентрации лактата в крови** (до 20–25 ммоль/л), которая увеличивается по сравнению с уровнем покоя в 25 раз. В этих условиях рН крови снижается до 7,0 и менее.



**Длительность работы достаточна для максимального усиления функций дыхания и кровообращения, в результате достигается МПК.** ЧСС находится на уровне 180 уд./мин.

Несмотря на это, **потребление кислорода** удовлетворяет на дистанции лишь 1/3 очень высокого кислородного запроса (на разных дистанциях от 25 до 8,5 л/мин), а **кислородный долг**, составляющий 50–80% от запроса, возрастает у высококвалифицированных спортсменов до предельной величины – порядка 20–22 л.

В связи с этим стабилизация потребления кислорода и показателей кардиореспираторной системы, достигаемая к концу дистанции, получила название **кажущегося, или ложного, устойчивого состояния.**

**Ведущими физиологическими системами** обеспечения работы в зоне субмаксимальной мощности являются **кислородтранспортные системы – кровь, кровообращение и дыхание, а также ЦНС**, роль которой еще очень велика, т.к. она должна управлять движениями, осуществляемыми с очень высокой скоростью, в условиях недостаточного кислородного снабжения самих нервных центров.

**Максимальное потребление кислорода (МПК)** – максимально возможная скорость потребления (т.е. потребления в единицу времени) кислорода организмом при выполнении физической работы.

МПК характеризует максимальную мощность аэробного пути ресинтеза АТФ. У нетренированных молодых людей МПК обычно равно 3–4 л/мин, у спортсменов высокого класса, выполняющих аэробные нагрузки, – 6–7 л/мин.

**Работа большой мощности** продолжается от 5–6 мин до 20–30 мин. К ней относятся циклические упражнения с преодолением длинных дистанций – бег на 3 000, 5 000, 10 000 м; плавание на 800, 1 500 м; бег на коньках – 5 000, 10 000 м; лыжные гонки – 5, 10 км; гребля – 1,5 и 2 км и др.

Работа в этой зоне мощности характеризуется как **аэробно-анаэробная.** Особенное значение здесь, наряду с гликолитическим энергообразованием, имеют реакции окисления углеводов (глюкозы).

**Максимальное усиление функций кардиореспираторной системы обеспечивает достижение организмом спортсмена МПК.**

Однако **кислородный долг**, составляя 10–30% от запроса, при большой длительности работы достигает к концу дистанции большой величины (12–15 л). Этим объясняется **высокая концентрация лактата в крови** (около 10 мМоль в л) и **заметное снижение рН крови.**

На протяжении дистанции наблюдается стабилизация показателей потребления кислорода, дыхания и кровообращения, хотя полного удовле-

творения потребления кислорода во время работы не происходит, т.е. **устанавливается кажущееся устойчивое состояние**. ЧСС сохраняется достаточно постоянно на оптимальном рабочем уровне – 180 уд./мин. Единичные энерготраты – невысоки (0,5–0,4 ккал/с), но суммарные энерготраты достигают 750–900 ккал.

**Ведущее значение** в зоне большой мощности имеют **функции кардиореспираторной системы**, а также системы терморегуляции и желез внутренней секреции.

**Работа умеренной мощности** продолжается от 30–40 мин до нескольких часов. К ней относятся сверхдлинные беговые дистанции – 20, 30 км, марафон 42 195 м, шоссейные велогонки – 100 км и более, лыжные гонки – 15, 30, 50 км и более, спортивная ходьба на дистанциях от 10 до 50 км, гребля на байдарках и каноэ – 10 000 м, сверхдлинные заплывы и пр.

**Энергообеспечение** осуществляется почти исключительно **аэробным путем**, причем по мере расходования глюкозы происходит переход на окисление жиров. Единичные энерготраты незначительны (до 0,3 ккал/с), зато суммарные энерготраты огромны – до 2–3 тыс. ккал и более.

**Потребление кислорода** в этой зоне мощности составляет около 70–80% МПК и практически **покрывает кислородный запрос во время работы**, так что кислородный долг к концу дистанции составляет менее 4 л, а концентрация лактата не превышает нормы (около 4 ммоль/л). Сдвиги показателей дыхания и кровообращения ниже максимальных. ЧСС держится на уровне 160–180 уд./мин.

Несмотря на переключение окислительных процессов на утилизацию жиров (происходящую, например, у марафонцев после пробегания 30 км пути), на дистанции продолжается расход углеводов. Это приводит к уменьшению почти в 2 раза содержания в крови глюкозы – явлению **гипогликемии**, что резко нарушает функции ЦНС, координацию движений, ориентацию в пространстве, а в тяжелых случаях вызывает потерю сознания.

К тому же **длительная монотонная работа** приводит также к **запредельному торможению** в ЦНС, называемому еще **охранительным торможением**, т.к. оно, снижая темп движения или прекращая работу, предохраняет организм спортсмена, в первую очередь нервные клетки, от разрушения и гибели.

**Ведущее значение** в зоне умеренной мощности имеют **большие запасы углеводов**, предотвращающие гипогликемию, и **функциональная устойчивость ЦНС к монотонии**, противостоящая развитию запредельного торможения.

## 4.2. Стандартные ациклические движения

Данная группа движений характеризуется **стереотипной программой** двигательных актов, но в отличие от циклических упражнений, **эти акты разнообразны** (1– 2 – 3 – 4 и т.д.).

Их подразделяют на движения качественного значения, оцениваемые в баллах, – гимнастика, акробатика, фигурное катание, прыжки в воду, на батуте и др., и на движения, имеющие количественную оценку. Среди движений с количественной оценкой выделяют:

- **собственно-силовые**, характерные, например, для тяжелой атлетики, где сила спортсмена направлена на преодоление массы поднимаемой штанги, а ускорение штанги изменяется мало (согласно второму закону Ньютона, сила равна произведению массы на сообщаемое ей ускорение, в данном случае  $F_{\max} = m_{\max} \times a$ );

- **скоростно-силовые** (прыжки, метания), где вес ядра, молота, диска, копья или вес собственного тела спортсмена – величина неизменная, а спортивный результат определяется заданным снаряду или телу ускорением, т.е.  $F_{\max} = m_{\max} \times a_{\max}$ ;

- **прицельные** движения (стрельба пулевая, из лука, городки, дартс и пр.), требующие устойчивости позы, тонкой мышечной координации, точности анализа сенсорной информации.

Во всех этих упражнениях сочетается динамическая и статическая работа анаэробного (прыжки, метания) или анаэробно-аэробного характера (например, вольные упражнения в гимнастике, произвольная программа в фигурном катании и др.), которые по длительности выполнения соответствуют зонам максимальной и субмаксимальной мощности. Суммарные энерготраты здесь невысоки из-за краткости выполнения, кислородный запрос на работу и кислородный долг (~ 2 л) малы. Значительных требований к вегетативным системам организма не предъявляется. Выполнение упражнений требует хорошей координации, пространственной и временной точности движений, развитого чувства времени, концентрации внимания, значительной абсолютной и относительной силы.

**Ведущими системами являются ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.**

## 5. Физиологическая характеристика нестандартных движений

К нестандартным, или ситуационным, движениям относят спортивные игры (баскетбол, волейбол, теннис, футбол, хоккей и др.) и единоборства (бокс, борьба, фехтование). К этой же группе причисляют кроссы из-за большой сложности профиля современных трасс.

Для этих движений характерны:

- **переменная мощность работы** (от максимальной до умеренной или полной остановки спортсмена), сопряженная с постоянными изменениями структуры двигательных действий и направления движений;
- **изменчивость ситуации**, сочетаемая с **дефицитом времени**.

Нестандартные упражнения характеризуются ациклической или смешанной (циклической и ациклической) структурой движений, преобладанием динамической скоростно-силовой работы (в борьбе существенны и статические напряжения), высокой эмоциональностью.

**В отношении ЦНС** предъявляются высокие требования к **«творческой» функции мозга** из-за отсутствия стандартных программ двигательной деятельности. Особое значение имеют процессы **восприятия и переработки информации** в крайне ограниченные интервалы времени, что требует повышенного уровня пропускной способности мозга.

Спортсмену необходима не только оценка текущей ситуации, но и предвосхищение возможных ее будущих изменений, т.е. развитая способность к экстраполяции. При выполнении ударных действий и бросков (мяча, шайбы) основная рабочая фаза движений занимает десятые и сотые доли секунды. Это исключает внесение сенсорных коррекций в текущий двигательный акт и, следовательно, все **движение должно быть заранее и очень точно запрограммировано**.

Все эти условия ситуационной деятельности требуют **высокой возбудимости и лабильности нервных центров, силы и подвижности нервных процессов**, преимущественного представительства среди спортсменов таких типов ВНД как холерик и сангвиник, а также **специфических черт умственной работоспособности** – развитого оперативного мышления, большого объема и концентрации внимания, а в командных играх – и распределения внимания, способности к правильному принятию решений и быстрой мобилизации из памяти тактических комбинаций, двигательных навыков и умений для эффективного решения тактических задач.

Роль **сенсорных систем** исключительно велика, особенно дистантных – зрительной и слуховой.

В ситуационной деятельности имеют значение как **центральное зрение** (при бросках мяча в кольцо, нанесении ударов в боксе, фехтовании и т.п.), так и **периферическое** (для ориентировки на поле, ринге). Для четкого восприятия действий игроков, соперников и летящего мяча, шайбы, особенно при больших скоростях (мяча в теннисе, шайбы в хоккее – до 200 км/ч и более) и малых размерах (настольный теннис) спортсмену необходимы хорошая **острота и глубина зрения, идеальный мышечный баланс глаз**, а в командных играх – **большие размеры поля зрения**.

Для ориентации в пространстве и во времени имеет важное значение **слуховая сенсорная система**.

Резкие изменения направления и формы движений, повороты, падения, броски вызывают сильное раздражение вестибулярного аппарата. Требуется **высокая вестибулярная устойчивость**, чтобы не происходили при этом нарушения координации движений и негативные вегетативные реакции.

В **двигательной сенсорной системе** занятия ситуационными видами спорта вызывают **повышение проприоцептивной чувствительности в тех** суставах, которые имеют основное значение в данном виде спорта (например, у баскетболистов – в лучезапястном суставе, у футболистов – в голеностопном).

Занятия ситуационными упражнениями развивают в **двигательном аппарате** высокую возбудимость и лабильность скелетных мышц, хорошую синхронизацию скоростных возможностей разных мышечных групп. Развитие силы и скоростно-силовых способностей помогает осуществлению точных и резких бросков и ударов. Требуется также хорошая гибкость (например, в борьбе) и выносливость.

Энерготраты в ситуационных упражнениях сравнительно ниже, чем в циклических. В связи с большими различиями в размерах площадок, числе участников, темпе движений соотношение аэробных и анаэробных процессов энергообразования заметно различается:

- в волейболе, например, преобладают аэробные нагрузки;
- в футболе – аэробно-анаэробные;
- в хоккее с шайбой – анаэробные.

Переменная мощность физических нагрузок позволяет во многом удовлетворять кислородный запрос уже во время работы и снижает величину кислородного долга.

Основной характеристикой вегетативных функций в ситуационных движениях является не достигнутый во время нагрузки рабочий уровень, а степень его соответствия мощности работы в данный момент. ЧСС, постоянно изменяясь, колеблется, в основном, в диапазоне от 130 до 180–190 уд./в мин; частота дыхания – от 40 до 60 вдохов в 1 мин. Величины ударного и минутного объема крови, глубины и минутного объема дыхания, МПК при работе меньше, чем у спортсменов в циклических видах спорта. В связи с большими потерями воды, а также рабочими энерготратами вес тела спортсмена, особенно после соревновательных нагрузок, снижается на 1–3 кг.

**Ведущими системами являются ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.**

### **Вопросы для аудиторного и самоконтроля**

1. Основные критерии классификации спортивных упражнений.
2. Физиологическая классификация физических упражнений (по В. С. Фарфелю).
3. Физиологическая характеристика спортивных поз и статических нагрузок.
4. Феномен Линдгарта – Верещагина (феномен статических усилий).
5. Общая физиологическая характеристика стандартных циклических движений. Мощность и длительность работы в циклических движениях.
6. Физиологическая характеристика работы: а) максимальной; б) суб-максимальной; в) большой; г) умеренной зон мощности (продолжительность работы; примеры физических упражнений, относящихся к данной работе; характер энергообеспечения; энерготраты на выполненную работу; потребление кислорода (величины кислородного запроса и кислородного долга); устойчивое состояние; ведущие физиологические системы обеспечения работы и др.).
7. Физиологическая характеристика стандартных ациклических движений (прыжки, метания).
8. Физиологическая характеристика нестандартных движений (единоборства, спортивные игры).

## Лекции 7 – 8

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Роль эмоций при спортивной деятельности.
2. Предстартовые состояния. Формы проявления и физиологические механизмы предстартовых состояний.
3. Характеристика функциональных состояний, связанных с мышечной деятельностью.
  - 3.1. Физиологическая характеристика разминки.
  - 3.2. Физиологическая характеристика вработывания.
  - 3.3. Виды устойчивого состояния. Физиологическая характеристика устойчивого состояния при циклических упражнениях.

В ходе систематической тренировки организм спортсмена испытывает ряд различных функциональных состояний, тесно взаимосвязанных друг с другом, где каждое предыдущее влияет на протекание последующего.

До начала работы у спортсмена возникает **предстартовое и собственно стартовое состояние**, к которым присоединяется влияние **разминки**; от качества разминки и характера предстартового состояния зависит скорость и эффективность **вработывания** в начале работы, а также наличие или отсутствие состояния **мертвой точки**.

Эти процессы определяют, в свою очередь, степень выраженности и длительность устойчивого состояния, а от него зависит скорость наступления и глубина развития утомления, что далее обуславливает особенности процессов восстановления. В зависимости от успешности протекания восстановительных процессов у спортсмена перед началом следующего тренировочного занятия или соревнования проявятся те или иные формы предстартовых реакций, что опять-таки будет определять последующую двигательную деятельность.

#### 1. Роль эмоций при спортивной деятельности

В регуляции функциональных состояний, которые являются базой двигательной деятельности человека, принимают участие различные психологические, нервные и гуморальные механизмы: потребности, основные источники активности; мотивы, побуждающие к удовлетворению этих потребностей; эмоции, подкрепляющие деятельность; речевая регуляция (самоорганизация и самомобилизация); гормональные влияния – выделение гормонов гипофиза, надпочечников и др.

Спортивная деятельность, и в первую очередь выступления на соревнованиях, вызывает в организме спортсмена двоякого рода влияния:

- **физическое напряжение**, связанное с осуществлением нагрузочной мышечной работы;
- **эмоционально-психическое напряжение**, вызываемое экстремальными раздражителями (стрессорами).

К последним относятся 3 фактора:

- **большой объем информации**, поступающей к спортсмену, который создает информационную перегрузку (особенно в игровых видах спорта, единоборствах, скоростном спуске на лыжах с гор и т.п.);
- необходимость перерабатывать информацию **в условиях дефицита времени**;
- **высокий уровень мотивации** – социальной значимости принимаемых спортсменом решений.

При осуществлении этих процессов огромна роль эмоций.

**Эмоции** представляют собой **личностное отношение человека к окружающей среде и себе**, которое определяется его потребностями и мотивами. Их значение в поведении заключается в **оценочном влиянии** на деятельность специфических систем организма (сенсорных и моторных).

**Эмоции обеспечивают избирательное поведение человека в ситуации со многими выборами**, подкрепляя определенные пути решения задач и способы действий.

В спорте они постоянно сопровождают спортсменов, которые испытывают «мышечную радость», «спортивную злость», «горечь поражения» и «радость победы». Эмоции ярко проявляются в предстартовом состоянии, а также во время спортивной борьбы, являются важным компонентом в процессе тактического мышления. Эмоциональный настрой увеличивает максимальную произвольную силу и скорость локомоций.

Эмоции подразделяют на **низшие** (имеющиеся и у животных) и **высшие**, связанные с социальными аспектами жизни человека (интеллектуальные, моральные, эстетические), его сознательным поведением и познавательной деятельностью – интересами, сознаваемыми и несознаваемыми мотивами (побуждениями, влечениями), чувствами, поисками информации.

В возникновении эмоций участвуют некоторые отделы коры больших полушарий и подкорковые образования – нижние и внутренние поверхности больших полушарий (поясная извилина, гиппокамп), – некоторые ядра таламуса, гипоталамус, сетевидное образование срединных отделов ствола



мозга. Эти образования представляют собой так называемый **лимбико-ретикулярный комплекс**, который совместно с высшими отделами коры формирует эмоции человека.

Эмоциональные реакции включают **двигательные, вегетативные и эндокринные проявления**: изменения дыхания, частоты сердечных сокращений, артериального давления, деятельности скелетных и мимических мышц, выделение гормонов – адренкортикотропного гормона гипофиза, адреналина, норадреналина и кортикоидов, выделяемых надпочечниками.

**Различают эмоции положительные и отрицательные.** При электрических раздражениях в опытах на животных и при лечебных процедурах в клинике у человека были обнаружены центры удовольствия (в гипоталамусе, среднем мозге) и неудовольствия (в некоторых областях таламуса). Больные при раздражении этих центров испытывали «беспричинную радость», «беспредметную тоску», «безотчетный страх».

Включаясь в сложные психические процессы, эмоции участвуют в принятии решений, обеспечивают так называемое эвристическое мышление при внезапных открытиях у человека, подкрепляя его «озарение». У детей 2–3 лет в отличие от взрослых эмоциональная окраска слов имеет большее значение, чем их смысловой компонент.

**Эмоции являются механизмом регуляции интенсивности движений**, вызывая мобилизацию функциональных резервов организма в экстремальных ситуациях. Это особенно наглядно проявляется в соревновательных условиях, когда результативность выступлений спортсмена превышает его достижения на тренировочных занятиях.

Одиночное выполнение работы при обычной мотивации всегда менее длительно и менее эффективно, чем при соревновании с другими лицами, при повышенной мотивации. Способность к мобилизации функциональных резервов при повышенной мотивации в наибольшей мере присуща опытным квалифицированным спортсменам, в то же время нетренированные лица чаще всего исчерпывают резервы своего организма уже при обычной мотивации.

Значительные нервно-психические напряжения при спортивной деятельности приводят к резкому усилению эмоциональных реакций, обуславливая эмоциональный стресс у спортсменов, а при чрезмерном воздействии вызывают негативные проявления эмоций – дистресс (ухудшение функционального состояния и активности организма, снижение иммунитета).

В формировании эмоций и эмоциональных стрессов участвует особый класс биологических регуляторов – нейропептиды (энкефалины, эндорфины, опиатные пептиды). Они представляют собой осколки белковых молекул – короткие аминокислотные цепочки.

Нейропептиды распределены широко и неравномерно в различных отделах головного и спинного мозга. Действуя в области контактов между нейронами, они способны усиливать или угнетать их функции, обеспечивая обезболивающий эффект, улучшая память и формирование двигательных навыков, изменяя сон и температуру тела, снимая тяжелые состояния при алкоголизме – абстиненции.

Их концентрация в нервной системе уменьшается при ограничениях двигательной активности и увеличивается при эмоциональных реакциях, стрессах. Обнаружено, в частности, что у спортсменов в соревновательных условиях концентрация нейропептидов в 5–6 раз превышает их обычное содержание у нетренированных лиц.

## **2. Предстартовые состояния.**

### **Формы проявления и физиологические механизмы предстартовых состояний**

Предстартовые состояния возникают задолго до выступления, за несколько дней и недель до ответственных стартов. Возникает мысленная настройка на соревнование, повышенная мотивация, растет двигательная активность во время сна, повышается обмен веществ, увеличивается мышечная сила, в крови повышается содержание гормонов, эритроцитов и гемоглобина.

Эти проявления усиливаются за несколько часов до старта и еще более за несколько минут перед началом работы, когда возникает собственно стартовое состояние.

#### **Предстартовые состояния возникают по механизму условных рефлексов.**

Физиологические изменения возникают на условные сигналы, которыми являются раздражители, сопутствующие предшествующим занятиям (вид стадиона, спортивного зала, наличие соперников, спортивная форма и др.).

В мозгу человека перед выполнением какого-либо произвольного действия возникают замысел и план предстоящего действия.

Происходят изменения электрической активности в коре больших полушарий: усиливаются межцентральные взаимосвязи, появляется отражающая

подготовительные процессы условная негативная волна (так называемая «волна ожидания»), наблюдаются медленные потенциалы в темпе предстоящего движения («меченые ритмы» ЭЭГ), в моторной коре возникают премоторные и моторные потенциалы.

Все эти изменения отражают подготовку мозга к предстоящему действию и вызывают сопутствующие вегетативные сдвиги и изменения моторной системы, т.е. **происходит актуализация рабочей доминанты со всеми ее моторными и вегетативными компонентами.**

Различают **предстартовые изменения двух видов: неспецифические** (при любой работе) и **специфические** (связанные со спецификой предстоящих упражнений).

К числу **неспецифических изменений относят 3 формы предстартовых состояний:**

- боевую готовность;
- предстартовую лихорадку;
- предстартовую апатию.

**Боевая готовность обеспечивает наилучший психологический настрой и функциональную подготовку спортсменов к работе.** Наблюдается оптимальный уровень физиологических сдвигов:

- повышенная возбудимость нервных центров и мышечных волокон;
- адекватная величина поступления глюкозы в кровь из печени;
- благоприятное превышение концентрации норадреналина над адреналином;
- оптимальное усиление частоты и глубины дыхания и ЧСС;
- укорочение времени двигательных реакций.

В случае возникновения **предстартовой лихорадки** возбудимость мозга чрезмерно повышена, что вызывает:

- нарушение тонких механизмов межмышечной координации;
- излишние энерготраты и преждевременный дорабочий расход углеводов;
- избыточные кардиореспираторные реакции.

При этом у спортсменов отмечена повышенная нервозность, возникают фальстарты, а движения начинаются в неоправданно быстром темпе и вскоре приводят к истощению ресурсов организма.

В противоположность этому, состояние **предстартовой апатии** характеризуется:

- недостаточным уровнем возбудимости ЦНС;
- увеличением времени двигательной реакции;
- невысокими изменениями в состоянии скелетных мышц и вегетативных функций;
- подавленностью и неуверенностью в своих силах спортсмена.

В процессе длительной работы негативные сдвиги состояний в результате лихорадки и апатии могут преодолеваются, но при кратковременных упражнениях такой возможности нет.

**Специфические предстартовые реакции отражают особенности предстоящей работы.** Например, функциональные изменения в организме выше перед бегом на короткие дистанции по сравнению с предстоящим бегом

на длинные дистанции; они больше перед соревнованиями по сравнению с обычной тренировкой. В коре больших полушарий сильнее активируются те зоны, которые должны вовлекаться в работу; перед циклическими упражнениями возникают колебания потенциалов в темпе предстоящего движения.

**Регуляция предстартовых состояний.** Чрезмерные предстартовые реакции снижаются у спортсменов по мере привыкания к соревновательным условиям.

На формы проявления предстартовых реакций оказывает влияние **тип нервной системы**: у спортсменов с сильными уравновешенными нервными процессами – сангвиников и флегматиков, чаще наблюдается боевая готовность, у холериков — предстартовая лихорадка; меланхолики в трудных ситуациях подвержены предстартовой апатии.

**Умение тренера** провести необходимую беседу, переключить спортсмена на другой вид деятельности способствует оптимизации предстартовых состояний. Используют для этого и массаж.

Однако наибольшее регулирующее воздействие оказывает **правильно проведенная разминка**.

В случае предстартовой лихорадки необходимо проводить разминку в невысоком темпе, подключить глубокие ритмичные дыхательные упражнения (гипервентиляцию), т.к. дыхательный центр оказывает мощное нормализующее влияние на кору больших полушарий.

При апатии, наоборот, требуется проведение разминки в быстром темпе для повышения возбудимости в нервной и мышечной системах.

### 3. Характеристика функциональных состояний, связанных с мышечной деятельностью

#### 3.1. Физиологическая характеристика разминки

В подготовке организма к предстоящей работе очень велика роль разминки, т.к. здесь к условно-рефлекторному механизму предстартовых состояний подключаются безусловно-рефлекторные реакции, вызванные работой мышц.

Для правильного планирования и выполнения разминки важно понимание ее физиологических механизмов.

**Разминка выполняется с целью постепенной подготовки организма спортсмена к предстоящей интенсивной физической нагрузке.** В ходе разминки выполняются упражнения, повышающие работоспособность организма, его систем и органов, подготавливающие к выполнению больших физических нагрузок в основной части тренировки. Это позволяет тренирующимся, с одной стороны, справляться с более интенсивными физическими нагрузками, а с другой – уменьшить возможный риск их повреждающего действия на организм занимающихся.

Разминка, которая проводится в подготовительной части тренировочного занятия, состоит из общей и специальной частей.

**Общая разминка** неспецифична, т.е. может быть практически одинакова для всех видов занятий. Она направлена на повышение функционального состояния организма, повышение возбудимости ЦНС, активизацию деятельности двигательного аппарата, органов кровообращения и дыхания, повышение интенсивности обмена веществ и температуры тела.

Еще до начала работы создаются условия для формирования новых двигательных навыков и наилучшего проявления физических качеств. Разогревание мышц снижает их вязкость, повышает гибкость суставно-связочного аппарата, способствует отдаче тканям кислорода из оксигемоглобина крови, ускоряет протекание биохимических реакций.

**Общая разминка** включает несколько разделов.

**Первый раздел** – подготовка суставов (гимнастические упражнения умеренной интенсивности с постепенно возрастающей амплитудой (4–5 мин). Каждое упражнение повторяется 10–12 раз как динамическое (изотоническое) и затем 2–3 раза как статическое (изометрическое) по 4–6 с.

Цель первого раздела – подготовить связочно-суставной аппарат к интенсивной физической работе. Это достигается тем, что простые движения без большой амплитуды и отягощений вызывают выделение в полость суставов синовиальной жидкости, предохраняющей суставные хрящи от непосредственного трения и тем самым от их повреждения. Упражнения на растяжение повышают эластичность мышц, сухожилий, внутрисуставных связок, предохраняя их от разрыва и обеспечивая лучшую гибкость.

**Второй раздел** – аэробная подготовка. Для подготовки организма к выполнению интенсивных физических нагрузок нужно повысить функцию аэробной системы обеспечения обмена веществ.

Следует отметить, что аэробная подготовка необходима при любом характере нагрузок в основной части тренировки – аэробном, анаэробном или смешанном. В первом случае она подготавливает организм к выполнению специальной работы (аэробной), во втором – не только обеспечивает лучшую подготовку к анаэробным (скоростно-силовым) нагрузкам, но и компенсирует их действие на организм, развивая аэробную функцию.

Для перехода аэробной системы от исходного уровня покоя к оптимальному функциональному состоянию необходимо не менее 3 мин, и поэтому для стимуляции этой функции используется 5–6-минутная физическая нагрузка на уровне, соответствующем примерно 50% МПК, при ЧСС 130–150 уд/мин. Для аэробной разминки лучше всего использовать бег умеренной интенсивности (ЧСС 130–150 уд/мин) в течение 5–6 мин.

В результате аппарат внешнего дыхания постепенно достигает более высокого функционального уровня, улучшается общая и периферическая гемодинамика и увеличивается число функционирующих сосудов (артериол, капилляров, венул, лимфатических протоков) в скелетных мышцах; постепенно повышаются УОК (СО) и МОК, усиливаются функции «мышечного насоса». Повышаются интенсивность обменных процессов в тканях, способность систем крово- и лимфообращения удалять продукты обмена веществ из работающих мышц. Последний фактор важен для профилактики локальных мышечных переутомлений, поэтому аэробная разминка особенно необходима перед интенсивными силовыми, скоростными анаэробными нагрузками. Увеличение кровотока в коже способствует повышению теплоотдачи и предупреждению перегревания.

Задача второго раздела разминки – подготовить мышцу сердца, скелетную мускулатуру, сосудистый аппарат, дыхательную и нейроэндокринную системы, систему тканевого дыхания к интенсивным нагрузкам.

**Специальная часть** разминки (5–7 мин) должна быть тесно связана со спецификой тренировочного занятия и направлена на подготовку организма к конкретной деятельности в основной части занятия и включает выполнение специальных подготовительных упражнений, сходных по координации движений и физической нагрузке с предстоящими двигательными действиями.

Специальная часть разминки обеспечивает специфическую подготовку к предстоящей работе именно тех нервных центров и скелетных мышц, которые несут основную нагрузку на конкретной тренировке. Группы мышц, которые будут принимать участие в ее выполнении, должны быть разогреты примерно до 38 °С, оптимальной для мышечной деятельности температуры. Вязкость мышц при этом уменьшается, они могут сокращаться с меньшими потерями энергии, быстрее и с более низкой вероятностью травм.

Происходит оживление рабочих доминант и созданных на их базе двигательных динамических стереотипов выполнения специальных движений, вегетативные сдвиги достигают уровня, необходимого для быстрого вхождения в работу.

Повышается тонус нервной системы, совершенствуются координация движений, техника, что важно как для более эффективного их выполнения, так и для профилактики травм, связанных с погрешностями техники.

В этой части тренировки выполняются движения, соответствующие или близкие по структуре основным упражнениям, но меньшей интенсивности. Это достигается увеличением пауз между упражнениями, выполнением только отдельных их элементов.

Хорошая подготовка во время разминки позволяет спортсмену более эффективно решать основные задачи тренировки, способствует предупреждению травм и повреждений при выполнении технически сложных упражнений. Однако разминка не должна доводить спортсмена до утомления и вызывать повышение температуры выше 38 °С, что вызовет отрицательный эффект. Чтобы разминка не вызывала утомление, интенсивность ее должна быть умеренной.

Продолжительность разминки определяется видом последующей основной деятельности, степенью тренированности организма занимающихся, метеорологическими условиями и другими факторами. Оптимальная длительность разминки составляет 10–30 мин (10–20% общего времени занятия), а интервал до работы не должен превышать 15 мин, после чего эффект разминки снижается.

### 3.2. Физиологическая характеристика вработывания

Периоды покоя и работы характеризуются относительно устойчивым состоянием функций организма с отлаженной их регуляцией. Между ними имеются 2 переходных периода: вработывания (от покоя к работе) и восстановления (от работы к покою).

**Постепенное увеличение работоспособности человека в начале выполнения спортивных упражнений называется вработыванием.** В это время происходит перестройка нейрогуморальных механизмов регуляции движений и вегетативных функций на новый, более напряженный, режим деятельности и улучшение координации движений.

**Период вработывания** отсчитывают от начала работы до появления устойчивого состояния. Во время вработывания осуществляются 2 процесса:

- переход организма на рабочий уровень;
- сонастройка различных функций.

Вработывание различных функций отличается гетерохронностью, т.е. разновременностью, и увеличением вариативности их показателей.

**Сначала и очень быстро вработываются двигательные функции, а затем более инертные вегетативные.** Из вегетативных показателей быстрее всего нарастают до рабочего уровня частотные параметры – ЧСС и частота дыхания, затем объемные характеристики – СО и МОК, глубина вдоха и МОД. За их перестройками следует рост потребления кислорода и, позже всего, налаживание терморегуляции (этот момент сопровождается потоотделением).

Инерция вегетативных сдвигов связана, в частности, с тем, что в начальные моменты работы мощная моторная доминанта оказывает отрицательное (тормозное) влияние на вегетативные центры.

**Более быстрое вработывание наблюдается у более квалифицированных спортсменов, в более молодом возрасте (у подростков) и в период спортивной формы у спортсмена.**

Увеличение вариативности отражает поиски различными функциями рабочего уровня сдвигов, адекватного для данного упражнения. Анализ длительности сердечных и дыхательных циклов показывает их большой разброс в этот трудный для организма переходный период. С переходом к устойчивому состоянию при работе постоянной мощности вариативность функций снижается.

Период вработывания может завершаться появлением у спортсмена своеобразного состояния, получившего название **«мертвой точки»**. Она возникает главным образом у недостаточно подготовленных спортсменов в результате дискоординации двигательных и вегетативных функций.



Чаще это наблюдается при циклических упражнениях, например, при беге.

При слишком интенсивных движениях и замедленной перестройке вегетативных процессов нарастает заметный кислородный долг, возникает тяжелое субъективное состояние. Происходит рост содержания лактата в крови, рН крови снижается до 7,2 и менее. У спортсмена наблюдаются чувство некоторой скованности в ногах, ощущение удушья, стеснения в груди, одышка и нарушения сердечного ритма (аритмия, экстрасистолия), уменьшается жизненная емкость легких. В ЭМГ увеличивается амплитуда потенциалов работающих мышц, в ЭЭГ развивается десинхронизация активности.

В этот период работоспособность резко падает. Возникает стремление снизить скорость бега. В том случае, когда «мертвая точка» выражена очень сильно, неопытный спортсмен может прекратить бег, не закончив дистанцию.

Если, невзирая на неприятные ощущения, волевым усилием или в результате некоторого снижения скорости преодолеть состояние «мертвой точки» и продолжать бег (как обычно и поступают опытные спортсмены), то через некоторое время наступает облегчение.

Чувство острой усталости проходит, дыхание выравнивается, движения становятся более свободными. Такое состояние, приходящее на смену «мертвой точке», получило название **«второе дыхание»**, потому что наиболее ярким из субъективных ощущений является чувство облегчения дыхания (спортсмены иногда говорят: «открывается дыхание»).

Падение интенсивности работы – снижение скорости бега, гребли и т.п. – наиболее типичная черта «мертвой точки». Замечено, что, если скорость на дистанции во время «мертвой точки» не уменьшается, все описанные для данного состояния явления прогрессируют, быстро наступает утомление и спортсмен может сойти с дистанции. Снижение же интенсивности работы предохраняет организм от наступления острого утомления, создает условия, благоприятствующие налаживанию регуляции физиологических функций, и облегчает процесс вработывания. В этом случае «мертвая точка» сменяется «вторым дыханием».

Почему явление «мертвой точки» главным образом наблюдается у неопытных спортсменов? **Основная причина – слишком большая скорость в начале дистанции.** Чрезмерно большая скорость с начала дистанции не создает условий для регуляции функций, обеспечивающих мышечную работу, в особенности функций дыхания и кровообращения. Это приводит к недостаточному снабжению мышц кислородом, и работа совершается преимущественно в анаэробных условиях.

Более опытный спортсмен распределяет свои усилия на дистанции соответственно своим возможностям и выбирает такую скорость на старте, при которой исключается образование «мертвой точки». Следовательно, «мертвая точка» – чаще всего результат плохой «раскладки сил» в начале дистанции.

Возникновение «мертвой точки» возможно и в тех случаях, когда старту не предшествует достаточная разминка, которая, как известно, обеспечивает предварительное вработывание организма, благодаря чему может быть достигнута хорошая регуляция физиологических процессов уже с самого начала интенсивного старта. Отсутствие разминки исключает возможность необходимой регуляции физиологических функций при высоком темпе работы с самого ее начала. Этим объясняется, почему «мертвая точка» редко наблюдается у опытных, хорошо тренированных спортсменов, применяющих перед стартом хорошо продуманную разминку.

Подобное состояние может неоднократно повторяться во время длительной работы при повышении ее мощности, не адекватных возможностям спортсмена.

#### 4. Виды устойчивого состояния.

##### Физиологические особенности устойчивого состояния при циклических упражнениях

При длительной циклической работе относительно постоянной мощности (в зонах большой и умеренной мощности, частично субмаксимальной мощности) в организме спортсмена возникает устойчивое состояние (steadystate) физиологических функций, которое продолжается от момента завершения вработывания до начала утомления.

По характеру снабжения организма кислородом выделили 2 вида устойчивого состояния.

**Кажущееся** (или **ложное**) устойчивое состояние (при работе большой и субмаксимальной мощности) – когда организм спортсмена достигает уровня максимального потребления кислорода, но это **потребление не покрывает высокого кислородного запроса** и образуется значительный кислородный долг.

С целью восполнения недостаточного поступления кислорода легочная вентиляция, ЧСС и МОК увеличиваются и достигают максимально возможных величин. Недостаток кислорода ведет к усилению доли анаэробных процессов в обеспечении мышц энергией. В результате этого в мышцах и в крови возрастает концентрация молочной кислоты. Происходит сдвиг pH крови в кислую сторону.

Таким образом, при ложном устойчивом состоянии относительная стабильность физиологических функций на протяжении работы обусловлена не соответствием их уровней запросам организма для обеспечения работы требуемой мощности, а невозможностью их дальнейшего усиления.

**Истинное** устойчивое состояние при работе умеренной мощности – когда **потребление кислорода соответствует кислородному запросу** и кислородный долг почти не образуется.

Истинное устойчивое состояние характеризуется высокой согласованностью работы двигательного аппарата и вегетативных систем, участвующих в ее обеспечении. Функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем не достигают своих предельных величин. Ресинтез макроэргических фосфорных соединений происходит за счет аэробных окислительных реакций. Потребление кислорода, как правило, ниже максимально возможных для спортсмена величин. Молочная кислота почти не накапливается в мышцах. Это обеспечивает сохранение кислотно-основного состояния в жидких средах организма.

Таким образом, за исключением кратковременных циклических упражнений максимальной мощности, во всех других зонах мощности после окончания вработывания устанавливается устойчивое состояние. При этом мощность работы, несмотря на некоторые отклонения, практически близка к постоянной.

Для такого состояния характерны следующие особенности:

- **мобилизация всех систем организма** на высокий рабочий уровень (главным образом, кардиореспираторной системы и системы крови, обеспечивающих достижение МПК);

- **стабилизация множества показателей**, влияющих на спортивные показатели: длины и частоты шагов, частоты и глубины дыхания, ЧСС, уровня потребления кислорода и пр. (хотя некоторые показатели могут монотонно возрастать, например, температура тела, или снижаться, например, оксигенация крови);

- **согласование работы различных систем организма**, которое сменяет их дискоординацию периода вработывания, – например, устанавливается определенное соотношение темпа дыхания и движения (1:1, 1:3 и др.).

У тренированных спортсменов выраженность устойчивого состояния и КПД работы больше, чем у нетренированных лиц. Оно у них дольше продолжается.

## Вопросы для аудиторного и самоконтроля

1. Роль эмоций при спортивной деятельности (определение эмоций; механизмы возникновения эмоций; положительные и отрицательные эмоции, сопровождающие спортивную деятельность).
2. Двигательные, вегетативные и эндокринные проявления эмоциональных реакций.
3. Предстартовые состояния. Формы проявления предстартовых состояний. Физиологические механизмы предстартовых состояний. Изменения функций в предстартовом состоянии.
4. Регуляция предстартовых состояний.
5. Физиологическая характеристика разминки, ее значение для подготовки организма спортсмена к выполнению предстоящего упражнения.
6. Физиологическая характеристика вработывания. Вработывание различных функций.
7. Физиологические механизмы возникновения состояний «мертвой точки» и «второго дыхания».
8. Виды устойчивого состояния.

## Лекции 9 – 10

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ТРЕНИРОВАННОСТИ

1. Физиологические основы процесса тренировки. Специфические принципы тренировки.
2. Физиологические основы состояния тренированности.
3. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя.
4. Функциональная подготовленность спортсменов при стандартных и предельных нагрузках.
5. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения.

#### 1. Физиологические основы процесса тренировки.

##### Специфические принципы тренировки

**Спортивная тренировка**, с физиологической точки зрения, представляет собой **многолетний процесс адаптации** организма человека к требованиям, которые ему предъявляет избранный вид спорта.

Понятие «тренированность» связывают с биологическими (функциональными и морфологическими) изменениями, которые происходят в организме

спортсмена под действием тренировочных нагрузок. Тренированность – это мера приспособленности организма к конкретной работе, достигнутая путем тренировки.

**Состояние организма спортсмена, изменяющееся под влиянием тренировки, называется тренированностью.**

Основное отличие тренированного организма от нетренированного – в работоспособности: тренированный способен выполнять больший объем работы, чем нетренированный.

С понятием тренировки как процессом физиологическим тесно связано понятие тренировки как процесса педагогического.

Спортивная тренировка представляет собой **специализированный педагогический процесс**, направленный на повышение общей физической подготовленности и специальной работоспособности.

Как во всяком педагогическом процессе, в ходе тренировки соблюдаются общие педагогические принципы: активности, сознательности, систематичности, последовательности, наглядности, доступности и прочности.

Вместе с тем имеются **специфические принципы тренировки:**

- единство общей и специальной физической подготовки;
- непрерывность тренировочного процесса;
- цикличность тренировочного процесса;
- постепенное повышение тренировочных нагрузок;
- максимальное повышение тренировочных нагрузок.

Эти принципы обусловлены закономерностями развития физических качеств и формирования двигательных навыков у человека, особенностями функциональных перестроек в организме, изменением диапазона функциональных резервов спортсмена.

Рассмотрим суть данных принципов.

1. Лишь **на базе общей (неспециализированной) подготовки**, в результате развития физических качеств и роста функциональных возможностей организма, **осуществляется переход к специализированным формам подготовки** спортсмена в избранном виде спорта.

Принцип единства общей и специальной физической подготовки должен сопровождать весь многолетний период подготовки спортсмена, однако удельный вес СФП будет при этом увеличиваться, а ОФП уменьшаться.

2. Этот процесс должен быть по возможности **непрерывным**, т.к. перемены в систематических занятиях приводят к резкому падению достигнутого

уровня проявления качественных сторон двигательной деятельности и освоения двигательных навыков. Так, например, достигнутый у подростков на протяжении первого года занятий рост мышечной силы за время летнего перерыва практически полностью теряется.

3. **Постепенное повышение тренировочных нагрузок.** Тренировочные нагрузки должны **постепенно повышаться** в зависимости от достигнутого уровня функциональных возможностей, иначе даже при систематических занятиях будет обеспечиваться лишь их поддерживающий эффект. Например, при физических нагрузках у молодых людей ЧСС должна быть выше 150 уд./мин, а у пожилых – выше 130 уд./мин, иначе адаптивных сдвигов в организме, в частности, в состоянии сердечной мышцы, не будет наблюдаться.

С другой стороны, тренировочные нагрузки должны **повышаться постепенно, т.е. не форсированно.**

4. **Максимальное повышение тренировочных нагрузок.** Суть этого принципа заключается в том, что для достижения высоких спортивных результатов периодически должны использоваться **максимальные, предельные** для данного спортсмена нагрузки, которые вызывают в организме самые значительные биохимические и морфофункциональные перестройки, мобилизацию функциональных резервов ЦНС, двигательного аппарата и вегетативных систем, оставляя функциональный и структурный след тренировки.

5. **Цикличность тренировочного процесса.** Из ранее рассмотренных принципов вытекает, что для достижения адаптационных изменений в организме спортсмена необходимо систематически применять большие нагрузки. Однако длительное использование нагрузок большого объема непременно должно привести к истощению биохимических и физиологических резервов организма. Поэтому, **согласно принципу цикличности, периоды интенсивных тренировок следует чередовать с периодами отдыха или тренировок с использованием нагрузок уменьшенного объема.**

На основе этого принципа планируется годовой тренировочный цикл во многих спортивных специализациях, особенно в сезонных видах спорта. Годовой цикл подготовки спортсмена делится на периоды (макроциклы) продолжительностью в несколько месяцев, отличающиеся объемом тренировочных нагрузок. **Выделяют подготовительный, соревновательный, восстановительный (переходный) периоды.**

**Цикличность** тренировочного процесса связана с тем, что выход на наиболее высокий уровень специальной работоспособности осуществляется постепенно на протяжении подготовительного периода (3–4 месяца).

К соревновательному периоду спортсмен достигает высокого уровня работоспособности, но поддерживать этот доступный на данном этапе наивысший уровень функциональных и психических возможностей человек может лишь ограниченное время (не более 4–5 месяцев). После чего необходим определенный отдых, переключение на другую деятельность, снижение нагрузки, т.е. переходный период.

Годичный тренировочный цикл (или 2 цикла в году), в свою очередь, подразделяется на промежуточные мезоциклы, а те – на недельные микроциклы. Обычно микроцикл имеет продолжительность 5–7 дней. Такая цикличность соответствует естественным биоритмам человеческого организма и, кроме того, позволяет варьировать применяемые физические нагрузки.

Правильное чередование тяжести физических нагрузок с оптимальными интервалами отдыха обеспечивает возможность **использования явлений суперкомпенсации – сверхвосстановления организма**, когда следующее тренировочное занятие начинается с более высокого уровня работоспособности по сравнению с исходным. При этом режиме неуклонно растут результаты спортсмена и сохраняется его здоровье. Слишком большие интервалы не дают никакого прироста, а недостаточные интервалы приводят к падению работоспособности и ухудшению функционального состояния организма.

## 2. Физиологические основы состояния тренированности

Правильная организация тренировочного процесса обуславливает состояние адаптированности спортсмена к специализированным нагрузкам, или **состояние тренированности**. Его характеризуют:

- 1) **повышение функциональных возможностей организма;**
- 2) **увеличение экономичности его работы.**

Овладение рациональной техникой выполнения упражнений, совершенство координации движений, повышение экономичности дыхания и кровообращения приводят к снижению энерготрат на стандартную работу, т.е. повышают ее КПД.

Наиболее высокий уровень тренированности достигается в состоянии спортивной формы.

**Спортивная форма** – состояние оптимальной готовности спортсмена к достижению максимального результата – отражает высшую степень развития тренированности, и в данном смысле эти понятия тождественны.

Оптимальная готовность организма характеризуется высокими функциональными возможностями отдельных органов и систем, совершенной координацией физиологических процессов, способностью к интенсификации функций, высоким техническим и тактическим мастерством. Выражением высокой степени слаженности функций двигательного аппарата и внутренних органов является ускорение вработывания и восстановительных процессов.

Спортивная форма характеризуется также особым психологическим фоном. В состоянии спортивной формы повышается роль сознательного контроля за эмоциональным состоянием. Такой обширный и сложный комплекс изменений двигательной, вегетативной, психической сфер деятельности формируется постепенно.

Процесс становления спортивной формы имеет три фазы:

- 1) приобретение спортивной формы;
- 2) сохранение спортивной формы;
- 3) временная утрата спортивной формы.

**Первая фаза** соответствует подготовительному периоду, где формируются более высокие уровни функционирования всех систем организма, на базе которого возникает спортивная форма. Время достижения оптимальной спортивной формы составляет 3–4 месяца (по мнению других авторов 5–6 месяцев). Этими сроками определяется и продолжительность подготовительного периода в годичном тренировочном цикле.

**Вторая фаза** соответствует соревновательному периоду и характеризуется стабилизацией высокого уровня функционирования физиологических систем. В этой фазе происходит дальнейшее совершенствование всех компонентов, обеспечивающих спортивный результат. Колебания спортивных результатов возможны, однако они вызваны не уровнем физиологических возможностей, а технической, тактической, психологической подготовкой.

**Третья фаза** отличается изменением направленности адаптационных процессов, переключением режима функций организма на реабилитационный уровень, ослаблением или частичным разрушением временных связей.

Состояние **спортивной формы** требует предельно возможной мобилизации всех функциональных систем организма, значительного напряжения регуляторных процессов. Соответственно, оно может сохраняться непродолжительное время в зависимости от индивидуальных особенностей спортсмена, его квалификации и др. факторов (продолжительность сохранения спортивной формы колеблется от 2–3 до 4,0–5,5 месяцев).



**Цена такого уровня адаптации** оказывается высокой – при этом повышается реактивность организма на действие неблагоприятных условий среды, снижается его устойчивость к простудным и инфекционным заболеваниям, т.е. резко снижается иммунитет.

Характер физиологических сдвигов определяется направленностью тренировочного процесса – на быстроту, силу или выносливость, особенностями двигательных навыков, величиной нагрузки на отдельные мышечные группы и т. п., т.е. **тренировочные эффекты специфичны**.

**Тренировочный эффект** зависит от объема физической нагрузки – ее длительности, интенсивности и частоты. Однако у каждого человека имеется генетически определяемый предел функциональных перестроек в процессе тренировки – его **генетическая норма реакции**. При одинаковых физических нагрузках различные люди отличаются по величине и скорости изменений функциональной подготовленности, т.е. по тренируемости.

Влияние наследственных факторов определяет степень развития физических качеств. Наименее тренируемыми качествами являются быстрота, гибкость, скоростно-силовые возможности. Генетически обусловлены изменения многих физиологических показателей (МПК, анаэробных возможностей, максимальной величины ЧСС, рост жизненной емкости легких и др.).

### **3. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя (Показатели функциональной подготовленности в покое)**

В **ЦНС** спортсмена отмечается высокий уровень лабильности нервных центров, оптимальная возбудимость и хорошая подвижность нервных процессов (возбуждения и торможения).

**Двигательный аппарат** квалифицированных спортсменов отличается большей толщиной и прочностью костей, выраженной рабочей гипертрофией мышц, их повышенной лабильностью и возбудимостью, большей скоростью проведения возбуждения по двигательным нервам, запасами мышечного гликогена и миоглобина, высокой активностью ферментов.

**Обмен веществ** спортсменов характеризуется увеличением запасов белков и углеводов, снижением уровня основного обмена (лишь в соревновательном периоде основной обмен может быть повышен из-за недостаточного восстановления).

**Дыхание** спортсменов более эффективно, т.к. увеличена ЖЕЛ (до 6–8 л), т.е. расширена дыхательная поверхность; больше глубина вдоха, что улучшает вентиляцию легких и снижает частоту дыхания (до 6–12 вдохов в 1 мин). Лучше развиты и более выносливы дыхательные мышцы (это можно наблюдать, например, по способности сохранять высокие значения ЖЕЛ при повторных ее определениях). Величина минутного объема дыхания в покое не изменена (из-за противоположных сдвигов частоты и глубины дыхания), но максимальная легочная вентиляция значительно выше у тренированных лиц (порядка 100 – 200 л в мин.) по сравнению с нетренированными (60–120 л/мин). Увеличена длительность задержки дыхания (особенно в синхронном плавании, нырянии), что свидетельствует о хороших анаэробных возможностях и пониженной возбудимости дыхательного центра.

**В сердечно-сосудистой системе** спортсменов также выявлены адаптивные изменения. Тренированное сердце имеет большой объем и толщину сердечной мышцы. При тренировке на выносливость (у бегунов-стайеров, лыжников-гонщиков и др.) наблюдается особенное увеличение объема сердца – до 1000–1200 мл (у нетренированных лиц – порядка 700 мл). Большой объем сердца – до 1200 мл – характерен также для высокорослых баскетболистов. Однако более этой величины нарастание объема неблагоприятно, т.к. ухудшаются возможности кровоснабжения самой сердечной мышцы.

При адаптации к скоростно-силовым упражнениям происходит преимущественно утолщение сердечной мышцы – ее рабочая гипертрофия, а объем в меньшей степени превышает норму (800–1000 мл). Рабочая гипертрофия сердечной мышцы повышает мощность работы сердца и обеспечивает кровоток в скелетных мышцах при их напряжении в условиях силовых и скоростно-силовых нагрузок.

Повышение общего объема сердца сопровождается увеличением резервного объема крови и, хотя ударный объем крови в покое практически не нарастает, но при работе его значительный рост обеспечивается за счет резервного объема. ЧСС спортсменов (особенно у стайеров) в покое понижена до 40–50 уд./мин (в отдельных случаях – до 28–32 уд./мин), т.е. отмечается спортивная брадикардия. Минутный объем крови соответствует норме или немного ниже нее.

У спортсменов в состоянии спортивной формы, в среднем, в 32,3% случаев наблюдается спортивная гипотония – снижение величины артериального давления до 100–105 мм рт. ст. и ниже. Чаще всего это встречается у гимнастов и спортсменов-стайеров. Выраженность артериальной гипотонии растет по мере увеличения спортивного стажа и уровня квалификации

спортсменов. У спортсменов, специализирующихся в спортивных играх, наоборот, в состоянии покоя артериальное давление часто может быть повышенным.

В **системе крови** у спортсменов больше концентрация эритроцитов –  $6 \times 10^{12}$  в 1 л, гемоглобина – 160 г/л и более. Это обеспечивает большую кислородную емкость крови (до 20–22 об.%). Общее количество гемоглобина в организме у тренированного спортсмена (800–1000 г) превышает его запасы у нетренированных лиц (700 г). Повышены щелочные резервы, т.е. легче противостоят окислению крови. Больше объем циркулирующей крови.

Все перечисленные перестройки функциональных показателей свидетельствуют об общей адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам и к особенной функциональной подготовленности к упражнениям в избранном виде спорта.

#### 4. Функциональная подготовленность спортсменов при стандартных и предельных нагрузках

О функциональной подготовленности спортсменов судят как по показателям в состоянии покоя, так и по изменениям различных функций при работе. Для тестирования используют стандартные и предельные нагрузки, причем стандартные нагрузки подбирают такие, которые доступны всем обследуемым лицам независимо от возраста и уровня тренированности. Предельные же нагрузки зависят от индивидуальных возможностей человека.

Изменения физиологических показателей у тренированных и нетренированных лиц при стандартных и предельных нагрузках имеют принципиальные различия.

В случае **стандартных нагрузок** (регламентируется мощность и длительность работы и всем обследуемым предлагается одинаковая работа) более подготовленный человек, работая более экономно за счет более совершенной координации движений, имеет меньшие энерготраты и показывает меньшие сдвиги в состоянии двигательного аппарата и вегетативных функций.

В случае выполнения **предельных нагрузок** тренированный спортсмен работает с большей мощностью, выполняет заведомо больший объем работы, чем неподготовленный человек. Несмотря на экономичность отдельных физиологических процессов и высокую эффективность дыхания и кровообращения, для выполнения предельной работы тренированный организм

спортсмена затрачивает огромную энергию и развивает значительные сдвиги в моторных и вегетативных функциях, совершенно недоступные для неподготовленного человека.

**При стандартной работе тренированный организм отличают от нетренированного следующие особенности:**

- более быстрое вработывание;
- меньший уровень рабочих сдвигов различных функций;
- лучше выраженное устойчивое состояние;
- более быстрое восстановление после нагрузки.

У тренированного спортсмена при динамической работе повышение МОД достигается преимущественно за счет увеличения глубины дыхания, а рост МОК – за счет нарастания ударного объема, а у нетренированного человека – за счет частотных показателей (повышение частоты дыхания и ЧСС).

У адаптированного к выполнению статической работы спортсмена меньше выражен феномен статических усилий – меньше подавление функций дыхания и кровообращения во время нагрузки и меньше послерабочее их нарастание, чем у других лиц.

Наиболее распространенными стандартными тестами являются тест определения физической работоспособности по показателю  $PWC_{170}$  – мощности работы при ЧСС = 170 уд. в мин. и определение Индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ), который оценивается по скорости восстановления ЧСС после нагрузки.

При выполнении **предельных нагрузок** работоспособность спортсменов оценивается *прямыми показателями* – по величине и мощности выполненной работы и *косвенными показателями* – по величине функциональных сдвигов в организме.

У тренированных спортсменов, обладающих более широким диапазоном функциональных резервов, отмечается значительное увеличение функциональных показателей, которое не может быть достигнуто нетренированными лицами.

**Деятельность ЦНС** тренированных спортсменов характеризуется высокой скоростью восприятия и переработки информации, хорошей помехоустойчивостью, большей способностью к мобилизации функциональных резервов организма. У них велика возможность произвольного преодоления утомления, противостояния эмоциональным стрессам. Этому способствуют, с одной стороны, сформированные в мозгу мощные рабочие доминанты,

а с другой, большое количество нейропептидов и гормонов (например, суточный выброс адреналина в соревновательном периоде у тренированных спортсменов может в 150 раз превышать показатели людей, не занимающихся спортом).

**Величины МПК, характеризующие аэробные возможности,** достигают у выдающихся спортсменов (лыжников, пловцов, гребцов и др.) значительных величин. Такие величины МПК позволяют спортсмену развивать значительную мощность передвижений и показывать высокие спортивные результаты. Огромны и величины суммарного потребления кислорода на всю дистанцию. Важным показателем тренированности является способность спортсменов-стайеров продолжать работу при резком снижении содержания глюкозы в крови.

Высококвалифицированные спортсмены, работающие в зоне субмаксимальной мощности, отличаются очень высокими показателями анаэробных возможностей. Величины их кислородного долга достигают 20–22 л, что отражает переносимость высоких концентраций лактата в крови и глубоких сдвигов рН крови – до 7,0 и даже 6,9. Такие изменения характерны для работы с высоким кислородным запросом, который не удовлетворяется во время работы, несмотря на предельные изменения функций вегетативных систем. Величины МОД при этом порядка 180 л в мин, а МОК – 40 л/мин. Систолический объем крови достигает 200 мл.

## **5. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения**

Отклонения от рационального режима тренировочных занятий, несоблюдение величин нагрузки и длительности отдыха ведут к развитию состояний перетренированности и перенапряжения.

### **5.1. Перетренированность**

Систематическое выполнение интенсивных нагрузок на фоне значительного недовосстановления организма приводит к развитию у спортсменов состояния перетренированности. Напряженная двигательная деятельность в этом случае превышает функциональные возможности организма.

Перетренированность – своеобразное заболевание спортсмена (синдромокомплекс), проявляется в тренировочном и соревновательном

периодах при физической нагрузке большой продолжительности, большого объема и интенсивности с отягощением психоэмоциональным стрессом. Чаще возникает при провокации различными факторами.

**Перетренированность – это патологическое состояние организма спортсмена, вызванное прогрессирующим развитием переутомления вследствие недостаточного отдыха между тренировочными нагрузками.** Это состояние тождественно по генезу невротическим расстройствам, развивающимся в результате нарушений высшей нервной деятельности.

**Главная причина перетренированности – это недостаточный отдых между нагрузками.**

Это состояние характеризуется **стойкими нарушениями двигательных и вегетативных функций, плохим самочувствием, падением работоспособности.** У спортсменов выявляются преобладание тонуса симпатической нервной системы (повышенная ортостатическая проба), неустойчивость психоэмоционального состояния, которое отражается в повышенной мнительности, слезливости, раздражительности, нарушениях сердечно-сосудистой деятельности. У некоторых лиц возникают явления депрессии, вялости, отсутствие интереса к тренировкам, спортсмен «спит на дистанции».

Отмечено **снижение умственной работоспособности:** преобладает оценка низкая и ниже средней (60% случаев) и совершенно не наблюдается оценок высоких и выше средних.

В характере электрической активности мозга выявлено 2 типа изменений, соответствующих клинике неврозов (типа неврастения или психастении). Наблюдались нарушения предробочей настройки корковой активности у перетренированных спортсменов, а также особая нерегулярность и нестабильность ЭЭГ во время работы. Степень нарушения мозговых процессов соответствовала выраженности патологических симптомов и падению физической работоспособности спортсменов.

**Пусковыми моментами синдрома перетренированности** могут быть следующие внутренние или внешние факторы:

- тренировки с повышенными нагрузками;
- неполноценность отдыха, сна, питания;
- нарушение режима тренировок;
- физическая и психическая травма;
- пониженная устойчивость к эмоциональным нагрузкам;
- тренировка в болезненном состоянии;
- перегрев на солнце;

- тренировка в горных условиях без подготовки;
- интоксикация организма из очагов хронической инфекции; и др.

Внешние факторы и очаги хронической инфекции, как правило, провоцируют возникновение патологии при резкой интенсификации тренировочного процесса.

**Основными функциональными нарушениями**, возникающими в организме спортсменов при перетренированности, являются *психологические, эндокринные и иммунные нарушения*. Первыми появляются психологические изменения, вплоть до развития депрессий. Психологические изменения сопрягаются с физиологическими нарушениями: психоиммунными и нейроэндокринными.

Различают острый и хронический синдром перетренированности. Хронический синдром перетренированности – состояние хронического стресса, которое длится от 6 месяцев и более.

В развитии перетренированности выделяют 3 стадии.

**Первая стадия** характеризуется прекращением роста спортивных результатов или их незначительным снижением, плохим самочувствием, снижением адаптивности реакций организма на нагрузку.

Признаки начинающейся перетренированности появляются не все сразу, накапливаются постепенно и неотвратимо, если спортсмен невнимателен к себе, не выявил причину и не устранил ее.

- ничто не беспокоит. Но возможно нарушение сна – плохое засыпание, частые пробуждения;
- ухудшается аппетит;
- появляются трудности в концентрации внимания на упражнении;
- расстраиваются тончайшие двигательные реакции;
- ухудшается приспособляемость сердечно-сосудистой системы к скоростной нагрузке (резко ощущается тахикардия, сердцебиения).

Не понимая, что происходит, спортсмен, чтобы повысить результат, увеличивает тренировочную нагрузку, и это приводит к прогрессированию заболевания.

**Вторая стадия** связана с прогрессирующим снижением спортивных результатов, затруднением процессов восстановления и дальнейшим ухудшением самочувствия.

Возможны следующие проявления:

- нет желания тренироваться;

- острота мышечного чувства теряется, замедляется вработывание, появляются неадекватные реакции в конце выполнения технически сложных физических упражнений;
  - быстрая утомляемость, повышенная раздражительность, неприятные ощущения и боли в области сердца;
  - нарушается суточная периодика функций и суточный динамический стереотип;
  - вялость, сонливость, апатия, раздражительность, снижение аппетита;
  - полное нарушение структуры сна. Сон не дает восстановления сил; бессонница;
  - вегетативная дистония: неустойчивое артериальное давление, выраженные сосудистые реакции, реакция на изменение погоды;
  - внешний вид: бледный цвет лица, синеватый цвет губ, глазниц, ногтей (acroцианоз). Возможна так называемая «мраморная» кожа – усиленный рисунок венозной сети на фоне бледной кожи;
  - ЭКГ – нарушение ритма, блокады;
  - функциональные пробы – неоправданно высокая реакция на физическую нагрузку с ростом отрицательной динамики;
  - основной обмен повышается (тахикардия). Неэкономная (большая) трата энергии при любой нагрузке;
  - потеря веса всегда вызывает подозрение в перетренированности;
  - снижение иммунитета – высока опасность заболеваний вследствие понижения сопротивляемости организма к травмирующему воздействию факторов внешней среды и к инфекционным заболеваниям;
- нарушения:**
- в аппарате внешнего дыхания (уменьшение ЖЕЛ);
  - системе пищеварения (гастрит, язва, дисбактериоз);
  - эндокринной системе (в том числе нарушение менструального цикла);
  - опорно-двигательной системе (потеря эластичности связок и силы мышц, боли в суставах);
  - обменных процессах – углеводном, белковом (отрицательный азотистый баланс), снижение в тканях витамина С;
  - системе крови – эозинофилия.

**Третья стадия** выявляется стойким нарушением функций сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем, резким снижением спортивной



работоспособности, особенно выносливости, тяжелым самочувствием, постоянными нарушениями сна, отсутствием аппетита, потерей веса спортсмена.

Спортивные результаты значительно снижаются, несмотря на все усилия спортсмена повысить их.

К перечисленным выше признакам добавляются:

- высокая конфликтность спортсмена с родителями, друзьями, тренером, судьями;
- возможно развитие невроза (неврастения, истерия, психастения);
- органические (часто необратимые) изменения в сердце;
- недостаточность кровообращения;
- возможно резкое увеличение функции щитовидной железы с признаками тиреотоксикоза.

В годичном цикле тренировочного процесса перетренированность может появиться на любом этапе, однако в начале, в подготовительном периоде, бывает редко. Опасность ее развития постепенно возрастает по мере повышения состояния тренированности, т.е. в базовом периоде тренировки. Часто перетренированность проявляется, когда спортсмен приближается к своим ранее достигнутым максимальным результатам и стремится их превзойти, т.е. тогда, когда переходит границу своих адаптивных возможностей.

Особенно опасно возникновение этой патологии в детско-юношеском спорте при проявлении волевого начала у спортсмена и морфофункциональной неготовности его организма переносить предлагаемые нагрузки.

**Профилактика перетренированности.** Чтобы не допустить перетренированности, необходимо соблюдать следующие простые, но действенные правила:

- тренировка и участие в соревнованиях в болезненном состоянии должны быть категорически исключены;
- должны быть ликвидированы очаги хронической инфекции: необходимо предпринять лечение заболеваний горла, зубов, дисбактериоза и др.;
- нагрузку следует соотносить с темпом восстановления.

**Профилактика** состояния перетренированности заключается, в первую очередь, в соблюдении режима тренировок и отдыха, адекватного функциональным возможностям организма спортсмена.

Режим тренировок и отдыха, учебы, питания должен быть оптимизирован. В состоянии хорошей тренированности (высокая спортивная форма) не следует применять очень большие нагрузки длительное время. Их следует чередовать со сниженными нагрузками, увеличивая продолжительность отдыха.

Необходим постоянный контроль состояния системы крови (особенно содержания гемоглобина, запасов железа), функционального резерва и психоэмоционального состояния (тесты).

Консультация и помощь спортивного психолога крайне желательны и, по сути, ничем незаменимы. Необходима профилактика утомления центральной нервной системы.

Рекомендуется контроль дефицита минералов; прием препаратов метаболической направленности, меда и его продуктов; круглогодичная витаминизация; прием препаратов, ускоряющих восстановление, и т.д. (Кулиников О. С., 2016).

*Лечение важно начать как можно раньше. 1-я стадия перетренированности лечится успешно, 3-я стадия – чаще безуспешно. Это подчеркивает важность раннего выявления состояния перетренированности.*

При 1-й стадии перетренированности необходимости в прерывании тренировочного процесса нет. Но отменяется участие в соревнованиях и меняется режим тренировок на 2 – 4 недели. Это касается уменьшения общего объема тренировочной нагрузки и ее качественного изменения. Снижение общего объема тренировочной нагрузки должно происходить как за счет уменьшения количества тренировок в неделю, сокращения времени тренировочных занятий, так и за счет исключения из них длительных и интенсивных упражнений, технически очень сложных движений и работы, направленной на повышение качества быстроты. Основное внимание в тренировке должно быть обращено на ОФП, которая по объему и интенсивности нагрузок должна быть небольшой.

Такое переключение в тренировочной работе со специальной подготовки, проводимой с большой нагрузкой, на общую физическую подготовку с небольшой общей нагрузкой в 1-й стадии перетренированности обычно способствует ее устранению. В процессе улучшения общего состояния тренировочный режим постепенно расширяется и качественно изменяется. Через 2 – 4 недели он может соответствовать целям и задачам данного тренировочного периода.

Лечение перетренированности проводится под руководством спортивного врача. При лечении перетренированности следует обращать внимание не только на режим тренировки, но и на общий режим жизни, работы, отдыха, учебной нагрузки, питания, сна и т.д.

При неудовлетворенности спортивным результатом внимательно анализируют малейшие отклонения в состоянии физического и психического здоровья, биохимические показатели.

Таким образом, восстановление нарушенной работоспособности требует (в зависимости от тяжести состояния перетренированности) либо снижения физических нагрузок, либо полного их прекращения.

Спортсмену необходим активный отдых или полный отдых на протяжении 1 – 2 недель или 1 месяца. Рекомендуется применение различных реабилитационных средств – витаминов, биологически активных веществ, массажа, физиотерапии и др. Обязательны рациональное питание и полноценный сон.

## 5.2. Перенапряжение

**Перенапряжение – это резкое снижение функционального состояния организма, вызванное нарушением процессов нервной и гуморальной регуляции различных функций, обменных процессов и гомеостаза.**

Оно вызывается несоответствием между потребностями организма в энергоресурсах при физической нагрузке и функциональными возможностями их удовлетворения. В развитии этого состояния велика роль гормональной недостаточности – в особенности истощение при работе резервов адренокортикотропного гормона гипофиза.

При развитии перенапряжения нарушается баланс ионов натрия и калия, что вызывает отклонения в нормальном течении процессов возбуждения в нервной и мышечной системах. Эти изменения приводят, в частности, к очаговым и диффузным поражениям сердечной мышцы. При изменении ее состояния возможны даже разрывы мышечных волокон миокарда непосредственно в процессе прохождения дистанции спортсменом.

**Главной причиной перенапряжения являются чрезмерные и форсированные физические нагрузки.**

Выделяют **острое и хроническое перенапряжение.**

**Острое перенапряжение** сопровождается резкой слабостью, головокружением, тошнотой, одышкой, сердцебиениями, падением артериального давления. Оно может в наиболее тяжелых случаях вызывать печеночные боли в правом подреберье, острую сердечную недостаточность, обморочное состояние, даже летальный исход.

**Хроническое перенапряжение** отмечается при многократных применениях тренировочных нагрузок, несоответствующих функциональным

возможностям организма спортсмена. Оно проявляется в повышенной усталости, нарушениях сна и аппетита, колющих болях в области сердца, стойких повышениях или понижениях артериального давления. Работоспособность спортсмена резко падает.

Сокращение или полное прекращение физических нагрузок способствует восстановлению организма. Используют также лекарственные средства лечения сердечно-сосудистых расстройств. При этом необходимо уделять повышенное внимание сбалансированному питанию и дополнительному приему витаминов.

### **Вопросы для аудиторного и самоконтроля**

1. Тренировка как физиологический процесс.
2. Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки.
3. Основные функциональные эффекты тренировки. Тренированность.
4. Тренированность и состояние спортивной формы.
5. Проявление тренированности в условиях относительного мышечного покоя (Какие адаптивные изменения наблюдаются в организме тренированных спортсменов по сравнению с организмом людей, не занимающихся спортом?).
6. Проявление тренированности при стандартной работе. Назовите особенности, отличающие тренированный организм от нетренированного при стандартных нагрузках.
7. Проявление тренированности при предельной работе. Назовите особенности, отличающие тренированный организм от нетренированного при предельных нагрузках.
8. Физиологическая характеристика перетренированности (определение, главные причины, стадии развития состояния перетренированности; профилактика и восстановление организма).
9. Физиологическая характеристика перенапряжения (определение, главные причины; острое и хроническое перенапряжение; профилактика и восстановление организма).

## Лекции 11 – 12

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УТОМЛЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ

1. Определение утомления. Характеристика и физиологические механизмы развития утомления.
2. Факторы утомления и состояние функций организма при утомлении.
3. Особенности утомления при различных видах физической нагрузки.
4. Хроническое утомление и переутомление.

#### 1. Определение утомления.

##### Характеристика и физиологические механизмы развития утомления

**Эффект тренированности невозможен без утомления.** При небольшом утомлении усиливается обмен веществ, повышается мышечный тонус, становятся более интенсивными процессы восстановления.

Но при превышении резервов адаптации, отсутствии возможности организма к восстановлению может развиваться патологическое состояние, называемое **перетренированностью**.

**Утомление** является важнейшей проблемой физиологии спорта и одним из наиболее актуальных вопросов медико-биологической оценки тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов. Знание механизмов утомления и стадий его развития позволяет правильно оценить функциональное состояние и работоспособность спортсменов и должно учитываться при разработке мероприятий, направленных на сохранение здоровья и достижение высоких спортивных результатов.

С физиологической точки зрения **утомление – функциональное состояние организма, вызванное умственной или физической работой, при котором могут наблюдаться временное снижение работоспособности, изменение функций организма и появление субъективного ощущения усталости** (Солодков А. С., 1978).

Исходя из этого, принято выделять два основных вида утомления – физическое и умственное, хотя такое деление достаточно условно.

**Главным и объективным признаком утомления человека является снижение его работоспособности.**

Однако понижение работоспособности не всегда является симптомом утомления. Так, работоспособность может снизиться по разным причинам, например, вследствие пребывания человека в неблагоприятных условиях (высокая температура и влажность воздуха, пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе и др.). С другой стороны, длительная работа

с умеренным напряжением может протекать на фоне выраженного утомления, но без снижения производительности. Следовательно, снижение работоспособности является признаком утомления только тогда, когда известно, что оно наступило вследствие конкретно выполненной физической или умственной работы.

При утомлении работоспособность снижается временно, она быстро восстанавливается при ежедневном обычном отдыхе. Состояние утомления имеет свою динамику – усиливается во время работы и уменьшается в процессе отдыха (активного, пассивного и сна). *Утомление можно рассматривать как естественное нормальное функциональное состояние организма в процессе труда.*

**Другим важным критерием оценки утомления является изменение функций организма в период работы.** При этом в зависимости от степени утомления функциональные сдвиги могут носить различный характер. В начальной стадии утомления клинико-физиологические и психофизиологические показатели отличаются неустойчивостью и разнонаправленным характером изменений, однако их колебания, как правило, не выходят за пределы физиологической нормы. При хроническом утомлении, и особенно переутомлении, имеет место однонаправленное значительное ухудшение всех функциональных показателей организма с одновременным снижением уровня профессиональной деятельности человека.

**Процесс утомления характеризуется и еще одним признаком – субъективным симптомом, усталостью** (тяжесть в голове, конечностях, общая слабость, разбитость, вялость, недомогание, трудность выполнения работы и т.д.). Биологическая роль усталости, по-видимому, заключается в том, что это чувство сигнализирует на уровне сознания о возникновении в организме неблагоприятных сдвигов, появляющихся при выполнении физической работы в мышцах и во внутренних органах. А. А. Ухтомский усмотрел в усталости не только субъективный признак наличия развивающегося утомления. Он считал, что **усталость является одновременно и «натуральным предупредителем утомления».** Ощущая усталость, человек снижает темп работы или вовсе ее прекращает. Этим самым предотвращается «функциональное истощение» корковых клеток и обеспечивается возможность быстрого восстановления работоспособности человека. По его мнению, ощущение усталости – одно из наиболее чувствительных показателей утомления.

Однако выраженность усталости не всегда соответствует степени утомления, т.е. объективным прямым и косвенным показателям работо-

способности. В основе этого несоответствия в первую очередь лежит разная эмоциональная настройка работающего на выполняемую работу.

При выполнении приятной или социально-значимой работы, при высокой мотивации работающего, усталость не возникает у него в течение длительного времени. Наоборот, при бесцельной, неинтересной работе усталость может возникнуть, когда объективно утомление или вовсе еще не наступило, или выраженность его далеко не соответствует степени усталости.

*Следовательно, один и тот же признак утомления является информативным только в конкретных условиях деятельности и при определенном состоянии организма.* Поэтому для констатации утомления в каждом виде работы целесообразно использовать особый набор прямых и косвенных показателей, адекватных для данного вида труда.

### **Физиологические механизмы развития утомления**

С биологической точки зрения утомление – это защитная реакция организма, предупреждающая нарастание биохимических и физиологических изменений в организме, которые, достигнув определенной глубины, могут стать опасными для здоровья и для жизни.

Наиболее распространенная в нашей стране центрально-нервная теория утомления, сформулированная И. М. Сеченовым в 1903 г., всесторонне развитая и дополненная А. А. Ухтомским, связывает возникновение утомления только с деятельностью нервной системы, в частности, коры больших полушарий. При этом предполагалось, что основой механизма утомления является ослабление основных нервных процессов в коре головного мозга, нарушение их уравновешенности с относительным преобладанием процесса возбуждения над более ослабленным процессом внутреннего торможения и развитием охранительного торможения.

**Однако современные электрофизиологические и биохимические методы исследования и полученные на их основе экспериментальные данные не позволяют свести причины утомления к изменениям в каком-то одном органе или системе органов, в т.ч. нервной системе.**

Следовательно, приписывать возникновение первичного утомления какой-либо одной системе неправомерно. В зависимости от состояния функций организма и характера деятельности человека первичное возникновение утомления вариативно и может наблюдаться в различных органах и системах организма.

Мышечная работа связана с вовлечением в деятельность многих органов и формированием в организме специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека. Поэтому на снижение работоспособности влияет возникновение функциональных изменений не только в нервной системе, но и в других рабочих звеньях: скелетных мышцах, органах дыхания, кровообращения, системе крови, железах внутренней секреции и др.

Механизмы возникновения утомления многообразны и зависят в первую очередь от характера выполняемой работы, ее интенсивности и продолжительности, а также от уровня подготовки спортсмена. Но все же в каждом конкретном случае можно выделить ведущие механизмы развития утомления, приводящие к снижению работоспособности.

У спортсменов часто в основе развития утомления лежат следующие биохимические и функциональные сдвиги, вызываемые тренировочными и соревновательными нагрузками:

1. **Развитие охранительного (запредельного) торможения** (как было сказано выше). При выполнении любой работы происходят функциональные изменения в состоянии нервных центров, управляющих деятельностью мышц и регулирующих их вегетативное обеспечение. Чем интенсивнее работа, тем эти изменения более выражены. Наиболее подвержены утомлению нейроны моторной зоны коры. Считают, что снижение активности нейронов высших моторных центров происходит **вследствие возникновения в ЦНС охранительного торможения** (И. П. Павлов), развивающегося в связи с необходимостью активировать высокочастотными импульсами максимально возможное число спинальных мотонейронов сокращающихся мышц, а также в результате интенсивной обратной проприорецептивной импульсации от рецепторов работающих мышц, суставов и связок, достигающей нейронов коры головного мозга.

В результате формирования в двигательных центрах охранительного торможения в мотонейронах уменьшается выработка двигательных импульсов, что в итоге приводит к снижению физической работоспособности.

Субъективно охранительное торможение воспринимается чувством усталости.

2. При выполнении физических упражнений большой длительности причиной утомления являются **изменения в деятельности ВНС и эндокринной системе.**

Эти изменения приводят к нарушению регуляции вегетативных функций и энергетического обеспечения работающих мышц. Наиболее важное



следствие нарушений регуляции физиологических функций при работе – снижение доставки кислорода к работающим мышцам и ухудшение эффективности энергообмена.

### **3. Нарушение функций вегетативных и регуляторных систем организма.**

В обеспечении мышечной деятельности наряду с нервной системой активнейшее участие принимает кардиореспираторная система, отвечающая за доставку кислорода и энергетических субстратов к работающим мышцам, а также за удаление из них продуктов обмена. Поэтому снижение работоспособности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, естественно, вносит существенный вклад в развитие утомления.

Еще один внутренний орган, играющий важную роль в мышечной деятельности, – печень. В печени во время мышечной работы протекают такие важные процессы, как глюкогенез, бета-окисление жирных кислот, кетогенез, глюконеогенез, которые направлены на обеспечение мышц важнейшими источниками энергии: глюкозой и кетоновыми телами. Кроме того, в печени во время мышечной работы осуществляется обезвреживание аммиака путем синтеза мочевины.

Поэтому уменьшение функциональной активности этого органа также ведет к снижению работоспособности и развитию утомления. В связи с такой важной ролью печени в обеспечении мышечной деятельности в спортивной практике широкое применение находят гепатопротекторы – фармакологические препараты, улучшающие обменные процессы в печени.

При выполнении физической работы, особенно продолжительной, возможно снижение функции надпочечников. В результате уменьшается выделение в кровь адаптивных гормонов (адреналин, глюкокортикоиды), вызывающих в организме биохимические и функциональные сдвиги, благоприятные для функционирования мышц.

**4. Исчерпание энергетических резервов.** Как известно, выполнение физической работы сопровождается большими энергозатратами, поэтому при мышечной деятельности происходит быстрое исчерпание источников энергии.

К таким источникам энергии относятся мышечный креатинфосфат, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе, большая часть мышечного и печеночного гликогена, часть запасов жира, находящихся в жировых депо, а также аминокислоты, которые начинают окисляться при очень продолжительных нагрузках. В частности, исчерпание мышечных запасов креатинфосфата и гликогена приводит к резкому снижению анаэробной работоспособности.

Энергетическим резервом можно также считать способность организма поддерживать в крови во время выполнения физической работы необходимый уровень глюкозы.

Исчерпание энергетических субстратов, несомненно, ведет к снижению выработки в организме АТФ и уменьшению баланса АТФ/АДФ. Снижение этого показателя в нервной системе приводит к нарушениям формирования и передачи нервных импульсов, в том числе управляющих скелетной мускулатурой.

Как уже отмечалось, такое нарушение в функционировании нервной системы является одним из механизмов развития охранительного торможения. Уменьшение скорости синтеза АТФ в клетках скелетных мышц и миокарда нарушает сократительную функцию миофибрилл, следствием чего является снижение мощности выполняемой работы.

Для поддержания энергетических ресурсов в организме при выполнении продолжительной работы (например, лыжные гонки, марафонский бег, шоссейные велогонки) организуется питание на дистанции, что позволяет спортсменам длительно сохранять работоспособность.

**5. Образование и накопление в организме лактата.** Обычно молочная кислота в больших количествах образуется в организме при выполнении физических нагрузок субмаксимальной мощности. Накопление лактата в мышечных клетках существенно влияет на их функционирование. В условиях повышенной кислотности, вызванной нарастанием концентрации лактата, снижается сократительная способность белков, участвующих в мышечной деятельности, уменьшается каталитическая активность белков-ферментов, в т.ч. АТФ-азная активность миозина и активность кальциевой АТФ-азы (кальциевый насос), изменяются свойства мембранных белков, что приводит к повышению проницаемости биологических мембран.

Можно также предположить, что избыток лактата внутри мышечных волокон связывает часть ионов кальция и тем самым ухудшает управление процессами сокращения и расслабления мышц, что особенно сказывается на скоростных свойствах мышцы. Следовательно, повышение кислотности, связанное с накоплением в организме молочной кислоты, отрицательно влияет на все компоненты работоспособности.

На практике для предупреждения возможного негативного воздействия лактата на работоспособность используются различные приемы, способствующие удалению его из работающих мышц и последующему устранению (например, чередование лактатных и аэробных нагрузок, массаж, прием щелочных напитков, тепловые процедуры).

6. Причинами развития утомления помимо вышеназванных изменений могут служить процессы, происходящие в области нервно-мышечного синапса, в зоне активации потенциалом действия сократительных элементов мышечного волокна (возможно, вследствие нарушения процессов освобождения ионов кальция из саркоплазматического ретикулума) или в самих сократительных процессах.

При длительной и высокочастотной импульсации мотонейронов содержание ацетилхолина в концевых веточках аксона двигательного нейрона постепенно уменьшается. Чем выше частота импульсации мотонейрона, тем больше вероятность отставания скорости ресинтеза ацетилхолина от скорости его расходования. В этом случае не каждый импульс может передаваться с нерва на мышечное волокно. Следовательно, снижение сократительной активности мышцы (развивающееся утомление) может быть следствием **пресинаптической нервно-мышечной блокировки** проведения возбуждающих импульсов с аксона на мембрану мышечного волокна.

Кроме того, при длительной высокочастотной импульсации мотонейрона в синаптической щели может накапливаться избыточное количество ацетилхолина, т.к. из-за большого его количества он не успевает разрушаться ацетилхолинэстеразой. В этом случае способность постсинаптической мембраны генерировать ПД значительно снижается. Возникает частичная или полная **постсинаптическая нервно-мышечная блокировка**. Следствием этого типа блокады передачи возбуждения на мышечные волокна также является снижение их сократительной активности, т.е. развитие утомления.

В настоящее время доказано, что в процессе утомления происходит накопление и задержка ионов кальция в поперечных трубчатых саркоплазматического ретикулума. Это приводит к тому, что меньшее количество кальция будет освобождаться из саркоплазматического ретикулума для запуска процесса сокращения, что вызовет развитие утомления.

Снижение рН, уменьшение содержания креатинфосфата и гликогена, увеличение температуры и другие факторы увеличивают задержку ионов кальция в поперечных трубчатых СПР, усиливая тем самым скорость развития утомления.

**7. Изменения в мышцах, вызывающие развитие утомления.** Существенную роль в развитии утомления и снижении сократительной способности мышц играют процессы, происходящие в них самих.

Существует по крайней мере три фактора, связанных с энергетикой сокращения и способных приводить к утомлению:

1) **истощение энергетических ресурсов.** Реальное значение в развитии утомления может иметь *истощение внутримышечных запасов фосфагенов и углеводных ресурсов* (гликогена в работающих мышцах и печени);

2) **накопление в мышце продуктов метаболизма** (см. выше). С накоплением молочной кислоты в мышечных клетках повышается концентрация водородных ионов и снижается рН. При значительном снижении рН снижается сократительная функция мышц. Кроме того, ключевые ферменты гликолиза снижают свою активность при повышении кислотности среды. Это приводит к уменьшению скорости гликолиза, а значит, и скорости энергопродукции, необходимой для поддержания требуемой мощности работы;

3) **дефицит кислорода** в работающей мышце. Недостаточное поступление к мышце кислорода также является одной из причин утомления. Уменьшение напряжения кислорода внутри клетки возникает при его недостаточном поступлении либо вследствие пониженного напряжения кислорода в крови, связанного с его низким парциальным давлением во вдыхаемом воздухе (работы в условиях средне- и высокогорья), либо из-за ограничения притока нормальной оксигенизированной крови к активным мышцам (вследствие снижения работоспособности сердечно-сосудистой и дыхательной систем). Причинами недостаточного кровоснабжения мышц являются также сравнительно медленное раскрытие внутримышечных сосудов в начале работы (60–90 с) и периодическое или постоянное сжатие сосудов во время динамической или статической работы.

В результате такой местной гипоксии развивается утомление. Причинами, приводящими к снижению работоспособности, при этом являются:

1) дефицит кислорода, увеличивающий долю продукции энергии за счет анаэробных процессов;

2) уменьшение скорости вымывания из мышц молочной кислоты и других продуктов метаболизма вследствие снижения в них кровотока.

Важное значение в развитии утомления имеет **температура работающих мышц.**

Так, увеличение температуры тела при длительно выполняемой работе ускоряет развитие утомления и снижает работоспособность человека. Причиной этого является то, что с увеличением температуры тела выше 38–39 °С избыток тепла переносится кровью к коже и отдается в окружающую среду. Чем выше поднимается температура тела, тем большее количество кожных сосудов расширяется и тем, следовательно, большее количество крови кожа отбирает у работающих мышц. Поскольку

значительная часть крови перераспределяется в сосуды кожи, работающие мышцы недополучают необходимое для их аэробного энергетического метаболизма количество кислорода. В результате этого для восполнения запасов АТФ в процессе анаэробного гликолиза образуется больше молочной кислоты.

Таким образом, при значительном повышении температуры тела уменьшение кровоснабжения работающих мышц и увеличение продукции молочной кислоты являются одними из основных причин, ускоряющих развитие утомления при длительной аэробной работе.

**8. Повреждение биологических мембран в результате свободнорадикального окисления.** В настоящее время установлено, что незначительная часть кислорода, поступающего в организм, превращается в активные формы, называемые **свободными радикалами**. Свободные радикалы кислорода, обладая высокой химической активностью, вызывают окисление белков, липидов и нуклеиновых кислот. *Чаще всего окислению подвергается липидный слой биологических мембран.* Такое окисление называется *перекисным окислением липидов (ПОЛ)*.

В физиологических условиях свободнорадикальное окисление протекает с низкой скоростью, т.к. ему противостоит защитная **антиоксидантная система** организма, предупреждающая накопление свободных радикалов кислорода и ограничивающая тем самым скорость вызываемых ими реакций окисления.

Исследования последних лет показали, что физические нагрузки, свойственные современному спорту, приводят к чрезмерному образованию активных форм кислорода и значительному росту скорости ПОЛ. Так, практически любая спортивная работа протекает в условиях повышенного потребления кислорода, а пересыщение организма (или отдельных органов, или тканей) кислородом способствует появлению свободных радикалов кислорода и интенсификации перекисных процессов.

К повышению скорости свободнорадикального окисления также приводит ацидоз (повышение кислотности), возникающий у спортсменов вследствие накопления в миоцитах молочной кислоты.

К тому же, приближающиеся к пределу функциональных возможностей физические нагрузки современного спорта, его высокая мотивированность и эмоциональность позволяют выявить в деятельности спортсменов многие характерные черты стресса. А стресс и, в частности, стрессорные гормоны оказывают значительное влияние на развитие в организме свободнорадикального окисления.

Чрезмерная активация ПОЛ оказывает негативное влияние на мышечную деятельность. Так, повышение проницаемости мембран нервных волокон и саркоплазматического ретикулума миоцитов, вызываемое ПОЛ, затрудняет передачу **двигательных нервных импульсов** и тем самым снижает сократительные возможности мышцы.

Исходя из этого, в масштабе всего организма активация ПОЛ сказывается на возможностях аэробного энергообразования, на сократительных способностях мышц и, следовательно, на работоспособности спортсмена в целом. Все вышесказанное позволяет считать процессы свободнорадикального окисления, и в первую очередь липидов биологических мембран, важнейшим дезадаптационным фактором, обуславливающим развитие утомления и снижение всех компонентов физической работоспособности.

Таким образом, согласно современным представлениям о физическом утомлении, оно связано, **во-первых, с развитием функциональных изменений во многих органах и системах, во-вторых, с различным сочетанием деятельности органов и систем, ухудшение функций которых наблюдается при том или ином виде физических упражнений.** В зависимости от характера работы, ее напряженности и продолжительности ведущая роль в развитии утомления может принадлежать различным функциональным системам.

Итак, **утомление является нормальной физиологической реакцией организма на работу.** С одной стороны, оно служит очень важным для работающего человека фактором, т.к. препятствует крайнему истощению организма, переходу его в патологическое состояние, являясь сигналом необходимости прекратить работу и перейти к отдыху. Наряду с этим утомление играет существенную роль, способствуя тренировке функций организма, их совершенствованию и развитию.

С другой стороны, утомление ведет к снижению работоспособности спортсменов, к неэкономичному расходованию энергии и уменьшению функциональных резервов организма. Эта сторона утомления является невыгодной, нарушающей длительное выполнение спортивных нагрузок.

## 2. Факторы утомления и состояние функций организма

**Основным фактором, вызывающим утомление, является физическая или умственная нагрузка,** падающая на афферентные системы во время работы. Зависимость между величиной нагрузки и степенью утомления почти всегда

бывает линейной, т.е. чем больше нагрузка, тем более выраженным и ранним является утомление. Помимо абсолютной величины нагрузки, на характере развития утомления сказывается еще и ряд ее особенностей, среди которых следует выделить: статический или динамический характер нагрузки, постоянный или периодический ее характер и интенсивность нагрузки.

Наряду с основным фактором (рабочей нагрузкой) ведущим к утомлению, существует **ряд дополнительных, или способствующих, факторов**. Эти факторы сами по себе не ведут к развитию утомления, однако, сочетаясь с действием основного, способствуют более раннему и выраженному наступлению утомления. К числу дополнительных факторов можно отнести:

- факторы внешней среды (температура, влажность, газовый состав воздуха, барометрическое давление и др.);
- факторы, связанные с нарушением режимов труда и отдыха;
- факторы, обусловленные изменением привычных суточных биоритмов, и выключение сенсорных раздражений;
- социальные факторы, мотивация, взаимоотношения в команде и др.

Субъективные и объективные признаки утомления весьма многообразны, и их выраженность в значительной мере зависит от характера выполняемых упражнений и психофизиологических особенностей человека.

К **субъективным признакам утомления** относится **чувство усталости**, общее или локальное. При этом появляются боли и чувство онемения в конечностях, пояснице, мышцах спины и шеи, желание прекратить работу или изменить ее ритм и др.

Еще более разнообразными являются **объективные признаки**. При любом виде утомления детальное обследование может обнаружить изменения в характере функционирования любой системы организма.

При утомлении со стороны **ЦНС** отмечаются нарушение межцентральных взаимосвязей в коре головного мозга, ослабление условно-рефлекторных реакций, неравномерность сухожильных рефлексов, а при переутомлении – развитие неврозоподобных состояний.

Изменения в **сердечно-сосудистой системе** характеризуются тахикардией, лабильностью артериального давления, неадекватными реакциями на дозированную физическую нагрузку, некоторыми сдвигами в ЭКГ. Кроме того, снижается насыщение артериальной крови кислородом, учащается дыхание и **ухудшается легочная вентиляция**, которая при переутомлении может существенно уменьшаться.

В **крови** снижается количество эритроцитов и гемоглобина, отмечается лейкоцитоз, несколько угнетается фагоцитарная активность лейкоцитов и уменьшается количество тромбоцитов.

При переутомлении иногда отмечают болезненность и увеличение печени, нарушение белкового и углеводного обмена.

Однако все эти изменения не возникают одновременно и не развиваются в одном и том же направлении.

**Изменения возникают в первую очередь в тех органах и системах, которые непосредственно осуществляют выполнение спортивной деятельности.** При физической работе это мышечная система и двигательный анализатор. Одновременно изменения могут появляться в тех системах и органах, которые обеспечивают функционирование этих основных работающих систем – дыхательной, сердечно-сосудистой, системе крови и др. С другой стороны, может быть и такое положение, когда уже имеет место снижение функций организма (основных и обеспечивающих систем), а спортивная работоспособность еще сохраняется на высоком уровне. Это зависит от морально-волевых качеств спортсмена, мотивации и др.

Изменения в некоторых системах, не связанных непосредственно с обеспечением выполнения специальных упражнений, при утомлении имеют принципиально иной генез и либо являются вторичными, имеющими общий, неспецифический характер, либо имеют регуляторное или компенсаторное значение, т.е. направлены на сбалансирование функционального состояния организма. Из сказанного становится очевидным, что **ведущее значение в развитии явлений утомления имеет ЦНС**, обеспечивающая интеграцию всех систем организма, регуляцию и приспособление этих систем во время работы.

Утомление динамично по своей сущности и в своем развитии имеет несколько последовательно возникающих признаков.

**Первым признаком** возникновения утомления при физической работе является *нарушение автоматичности рабочих движений.*

**Второй признак**, который наиболее четко может быть установлен, – *это нарушение координации движений.*

**Третий признак** – *значительное напряжение вегетативных функций при одновременном падении производительности работы*, а затем и нарушение самого вегетативного компонента. При выраженных степенях утомления новые мало усвоенные двигательные навыки могут угаснуть полностью.



При этом очень часто растормаживаются старые, более прочные навыки, не соответствующие новой обстановке. В спортивной практике это может служить причиной возникновения различных срывов, травм и т.д.

### 3. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок

Одним из основных признаков утомления является снижение работоспособности, которая в процессе выполнения различных физических упражнений изменяется по разным причинам; поэтому и физиологические механизмы развития утомления неодинаковы. Они обусловлены мощностью работы, ее длительностью, характером упражнений, сложностью их выполнения и пр.

При выполнении циклической **работы максимальной мощности** *основной причиной снижения работоспособности и развития утомления является уменьшение подвижности основных нервных процессов в ЦНС с преобладанием торможения вследствие большого потока эфферентной импульсации от нервных центров к мышцам и афферентных импульсов от работающих мышц к центрам.* Разрушается рабочая система взаимосвязанной активности корковых нейронов. Кроме того, в нейронах падает уровень содержания АТФ и креатинфосфата, и в структурах мозга повышается содержание тормозного медиатора – гамма-аминомасляной кислоты. Существенное значение в развитии утомления при этом имеет изменение функционального состояния самих мышц, снижение их возбудимости, лабильности и скорости расслабления.

При циклической **работе субмаксимальной мощности** *ведущими причинами утомления являются угнетение деятельности нервных центров и изменения внутренней среды организма.* Причина этого – *большой недостаток кислорода*, вследствие которого *развивается гипоксемия*, снижается рН крови, в 20–25 раз увеличивается содержание молочной кислоты в крови. Кислородный долг достигает максимальных величин – 20–22 л. Недоокисленные продукты обмена веществ, всасываясь в кровь, ухудшают деятельность нервных клеток. Напряженная деятельность нервных центров осуществляется на фоне кислородной недостаточности, что и приводит к быстрому развитию утомления.

Циклическая **работа большой мощности** *приводит к развитию утомления вследствие дискоординации моторных и вегетативных функций.*

На протяжении нескольких десятков минут должна поддерживаться весьма напряженная работа сердечно-сосудистой и дыхательной систем для обеспечения интенсивно работающего организма необходимым количеством кислорода. При этой работе кислородный запрос несколько превышает потребление кислорода и кислородный долг достигает 12–15 л. Суммарный расход энергии при такой работе очень велик, при этом расходуется до 200 г глюкозы, что приводит к некоторому ее снижению в крови. Происходит также уменьшение в крови гормонов некоторых желез внутренней секреции (гипофиза, надпочечников).

*Длительность выполнения циклической работы умеренной мощности приводит к развитию охранительного торможения в ЦНС, истощению энергоресурсов, напряжению функций кислородтранспортной системы, желез внутренней секреции и изменению обмена веществ. В организме снижаются запасы гликогена, что ведет к уменьшению содержания глюкозы в крови. Значительная потеря организмом воды и солей, изменение их количественного соотношения, нарушение терморегуляции также ведут к понижению работоспособности и возникновению утомления у спортсменов.*

В механизме развития утомления при длительной физической работе могут играть определенную роль изменения белкового обмена и снижение функций желез внутренней секреции. В крови снижается концентрация глюко- и минералкортикоидов, катехоламинов и гормонов щитовидной железы. Вследствие этих изменений, а также в результате длительного влияния монотонных афферентных раздражений в нервных центрах возникает торможение. Угнетение деятельности этих центров приводит к снижению эффективности регуляции движений и нарушению их координации. При длительном выполнении работы в разных климатических условиях развитие утомления, кроме того, может быть ускорено нарушением терморегуляции.

При различных видах **ациклических движений** механизмы развития утомления также неодинаковы. В частности, **при выполнении ситуационных упражнений, при разных формах работы переменной мощности** *большие нагрузки испытывают высшие отделы головного мозга и сенсорные системы*, так как спортсменам необходимо постоянно анализировать изменяющуюся ситуацию, программировать свои действия и осуществлять переключение темпа и структуры движений, что и приводит к развитию утомления.

В некоторых видах спорта (например, футбол) существенная роль в возникновении утомления принадлежит недостаточности кислородного обеспечения и развитию кислородного долга.

При выполнении гимнастических упражнений и в единоборствах утомление развивается вследствие *ухудшения пропускной способности мозга и снижения функционального состояния мышц* (уменьшается их сила и возбудимость, снижается скорость сокращения и расслабления).

При **статической работе** основными причинами утомления являются *непрерывное напряжение нервных центров и мышц*, выключение деятельности менее устойчивых мышечных волокон и большой поток афферентных и эфферентных импульсов между мышцами и моторными центрами.

#### 4. Хроническое утомление и переутомление

**Хроническое утомление** – это пограничное функциональное состояние организма, которое характеризуется сохранением к началу очередного трудового цикла субъективных и объективных признаков утомления от предыдущей работы, для ликвидации которых необходим дополнительный отдых.

Хроническое утомление возникает во время длительной работы при нарушении режимов труда и отдыха. Основными субъективными признаками его являются ощущение усталости перед началом работы, быстрая утомляемость, раздражительность, неустойчивое настроение; объективно при этом отмечается выраженное изменение функций организма, значительное снижение спортивных результатов и появление ошибочных действий.

При хроническом утомлении необходимый уровень спортивной работоспособности может поддерживаться лишь кратковременно за счет повышения биологической цены и быстрого расходования функциональных резервов организма. Для ликвидации неблагоприятных изменений функций организма и сохранения спортивной работоспособности необходимо устранить нарушения режимов тренировок и отдыха и предоставить спортсменам дополнительный отдых. При несоблюдении этих мероприятий хроническое утомление может перейти в переутомление.

**Переутомление** – это патологическое состояние организма, которое характеризуется постоянным ощущением усталости, вялостью, нарушением сна и аппетита, болями в области сердца и других частях тела.

Для ликвидации этих симптомов дополнительного отдыха недостаточно, а требуется специальное лечение. Наряду с перечисленными, объективными признаками переутомления являются резкие изменения функций организма, часть которых выходит за пределы нормальных колебаний, потливость, одышка, снижение массы тела, расстройства внимания и памяти, атипичные реакции на функциональные пробы, которые часто не доводятся до конца.

*Главным объективным критерием переутомления является резкое снижение спортивных результатов и появление грубых ошибок при выполнении специальных физических упражнений.* Спортсмены с признаками переутомления должны быть отстранены от тренировок и соревнований и подвергнуты медицинской коррекции.

Осуществленная в последние годы количественная оценка работоспособности различных специалистов позволила установить, что снижение прямых и косвенных ее показателей до 15% по сравнению с исходными свидетельствует о развитии в организме явлений утомления, 16–19% – говорит о наличии хронического утомления, а снижение на 20% и более указывает на возникновение переутомления.

### **Вопросы для аудиторного и самоконтроля**

1. Определение утомления. Объективные и субъективные признаки утомления.
2. Физиологические механизмы развития утомления.
3. Основной и дополнительные факторы развития утомления.
4. Состояние функций организма при утомлении.
5. Укажите 3 основных признака развития (возникновения) утомления при физической работе.
6. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок (работа различных зон мощности, различные виды ациклических движений, статические нагрузки).
7. Физиологическая характеристика хронического утомления (причины, субъективные и объективные признаки, профилактика, мероприятия по восстановлению функций организма и спортивной работоспособности).
8. Переутомление (симптомы, объективные признаки, мероприятия по восстановлению функций организма и спортивной работоспособности).
9. Назовите главный объективный критерий переутомления.

Лекции 13 – 14  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

1. Общая характеристика процессов восстановления.
2. Физиологические механизмы восстановительных процессов.
3. Физиологические закономерности восстановительных процессов.
4. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления.
5. Физиологические и фармакологические средства, повышающие спортивную работоспособность.

### 1. Общая характеристика процессов восстановления

Восстановительные процессы – важнейшее звено работоспособности спортсмена. Способность к восстановлению при мышечной деятельности является естественным свойством организма, существенно определяющим его тренируемость. Поэтому скорость и характер восстановления различных функций после физических нагрузок являются одним из критериев оценки функциональной подготовленности спортсменов.

Во время мышечной деятельности в организме спортсменов происходят связанные друг с другом анаболические и катаболические процессы, при этом диссимиляция преобладает над ассимиляцией.

В соответствии с концепцией академика В. А. Энгельгардта (1953), всякая реакция расщепления вызывает или усиливает в организме реакции ресинтеза, которые после прекращения трудовой деятельности ведут к преобладанию процессов ассимиляции. В это время восполняются израсходованные во время тренировочной и соревновательной работы энергоресурсы, ликвидируется кислородный долг, удаляются продукты распада, нормализуются нейроэндокринные, соматические и вегетативные системы, стабилизируется гомеостаз. **Вся совокупность происходящих в этот период физиологических, биохимических и структурных изменений, которые обеспечивают переход организма от рабочего уровня к исходному (дорбочему) состоянию, объединяется понятием «восстановление».**

При характеристике восстановительных процессов следует исходить из учения И. П. Павлова о том, что процессы истощения и восстановления в организме (деятельном органе) тесно связаны между собой и с процессами возбуждения и торможения в ЦНС. Показано также, что чем больше энергетические траты во время работы, тем интенсивнее процессы их восстановления.

После окончания физических нагрузок в организме человека некоторое время сохраняются функциональные изменения, присущие периоду спортивной деятельности, и лишь затем начинают осуществляться основные восстановительные процессы, которые носят неоднородный характер. При этом важно подчеркнуть, что вследствие функциональных и структурных перестроек в процессе восстановления функциональные резервы организма расширяются и наступает **сверхвосстановление (суперкомпенсация)**.

Процессы восстановления различных функций в организме могут быть разделены на три отдельных периода.

К **первому (рабочему)** периоду относят те восстановительные реакции, которые осуществляются уже в процессе самой мышечной работы (*восстановление АТФ, креатинфосфата, переход гликогена в глюкозу и ресинтез глюкозы из продуктов ее распада – глюконеогенез*).

Рабочее восстановление поддерживает нормальное функциональное состояние организма и допустимые параметры основных гомеостатических констант в процессе выполнения мышечной нагрузки.

**Второй (ранний)** период восстановления наблюдается непосредственно после окончания работы легкой и средней тяжести в течение нескольких десятков минут и *характеризуется восстановлением ряда уже названных показателей, а также нормализацией кислородной задолженности, содержания гликогена, некоторых физиологических, биохимических и психофизиологических констант*.

Раннее восстановление лимитируется главным образом временем погашения кислородного долга. Погашение алактатной части кислородного долга происходит довольно быстро, в течение нескольких минут, и связано с ресинтезом АТФ и креатинфосфата. Погашение лактатной части кислородного долга обусловлено скоростью окисления молочной кислоты, уровень которой при длительной и тяжелой работе увеличивается в 20–25 раз по сравнению с исходным, а ликвидация этой части долга происходит в течение 1,5–2 ч.

**Третий (поздний)** период восстановления *отмечается после длительной напряженной работы (бег на марафонские дистанции, многокилометровые лыжные и велосипедные гонки) и затягивается на несколько часов и даже суток. В это время нормализуется большинство физиологических и биохимических показателей организма, удаляются продукты обмена веществ, восстанавливается водно-солевой баланс, содержание гормонов и ферментов*. Эти процессы ускоряются правильным режимом тренировок

и отдыха, рациональным питанием, применением комплекса медико-биологических, педагогических и психологических реабилитационных средств.

## 2. Физиологические механизмы восстановительных процессов

Как и любой процесс, происходящий в организме, **восстановление регулируется двумя основными механизмами – нервным** (за счет условных и безусловных рефлексов) и **гуморальным**.

При этом одни авторы (Смирнов К. М., 1970) указывают на ведущую роль нервной регуляции при восстановлении, другие (Виру А. А., 1988; Волков В. М., 1990) сообщают о доминирующем влиянии гуморальной. По мнению последних, именно накопление продуктов обмена веществ и гормональные изменения в процессе физических нагрузок определяют скорость, интенсивность и продолжительность восстановительных процессов.

Прежде всего, следует иметь в виду, что в целостном организме, особенно во время ответственной и напряженной работы и после ее окончания, отделять один механизм от другого нельзя. **В любом периоде восстановления (рабочем, раннем, позднем) регуляция этого процесса осуществляется при участии как нервного, так и гуморального механизмов.** Вместе с тем очевидно, что на разных этапах деятельности человека их роль неодинакова.

**Нервный механизм регуляции**, как более быстрый, прежде всего направляет и осуществляет восстановление в период самой деятельности и в раннем периоде восстановления. С помощью нервного механизма преимущественно регулируется нормализация внутренней среды организма, главным образом через сердечно-сосудистую и дыхательную системы (доставка кислорода, питательных веществ, удаление продуктов обмена).

Более медленный **гуморальный механизм регуляции** обеспечивает, прежде всего, восстановление водно-солевого обмена, запасов глюкозы и гликогена, а также ферментов и гормонов.

Однако, еще раз следует подчеркнуть, что в процессе трудовой и спортивной деятельности человека **регуляция органов, систем и их функций в целом осуществляется только совместным, нервно-гуморальным путем.**

Во время работы и после ее окончания нервно-гуморальный механизм регулирует, с одной стороны, процессы освобождения и мобилизации энергии, что принято считать **эрготропным** направлением регуляции,

а с другой – процессы, усиливающие анаболизм, т.е. **трофотропное** направление регуляции.

Наблюдаемая заметная **вариативность восстановления** зависит также от индивидуальных особенностей спортсменов, уровня их тренированности и характера мышечной работы.

Для наиболее быстрого и полного восстановления, свойственного тренированным людям, характерна ускоренная перестройка регуляции в трофотропном направлении. Ускорение этого перехода обусловлено снижением тонуса симпатического отдела и повышением тонуса парасимпатического отдела вегетативной иннервации в процессе систематических тренировок.

В ходе специальных исследований установлено, что в фазе раннего восстановления около 50% составляют эрготропные реакции, на долю трофотропных реакций приходится примерно 20% и 30% принадлежат смешанному направлению регуляции. В фазе позднего восстановления более половины составляют трофотропные процессы, что, по-видимому, является метаболической базой для образования в организме «структурного следа» долговременной адаптации.

Как и всякие системы с обратной связью, восстановительные процессы вследствие функциональных и структурных перестроек приводят к **супервосстановлению**. Это явление составляет одну из важнейших физиологических основ тренировки, которое, расширяя функциональные резервы организма, обеспечивает рост силы, быстроты и выносливости.

### 3. Физиологические закономерности восстановительных процессов

**Основные физиологические закономерности восстановительных процессов:**

- неравномерность;
- гетерохронность;
- фазовый характер восстановления работоспособности;
- избирательность восстановления;
- тренируемость восстановительных процессов.

1. **Неравномерность восстановительных процессов** впервые была установлена А. Хиллом (1926) при анализе ликвидации кислородной задолженности организма. Автор показал, что сразу после окончания работы восстановление идет быстро, а затем скорость его снижается и наблюдается



фаза медленного восстановления. В последующем было показано, что наличие двух фаз восстановления отмечается, как правило, после тяжелой физической работы. После умеренных нагрузок погашение кислородного долга носит однофазный характер, т.е. наблюдается только фаза быстрого восстановления.

Факт неравномерного восстановления в дальнейшем был отмечен в динамике показателей сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, нервно-мышечного аппарата, картины периферической крови и обмена веществ. Тщательный анализ этих данных привел к заключению о том, что биологические константы организма восстанавливаются на различных этапах последствия с разной скоростью. Этот факт составляет принципиальную особенность послерабочих функциональных сдвигов, которую следует учитывать при регламентации режимов труда и отдыха и при выборе тактики применения различных средств рекреации.

2. В основе **гетерохронности восстановления** лежит принцип саморегуляции, свидетельствующий в данном случае о том, что неодновременное протекание различных восстановительных процессов обеспечивает наиболее оптимальную деятельность целостного организма.

Сразу после окончания физических нагрузок восстанавливаются алактатная фаза кислородного долга и фосфагены (органические фосфорсодержащие макроэргические соединения, включая креатинфосфат).

Через несколько минут отмечается нормализация пульса, АД, УОК и МОК, скорости кровотока, т.е. тех показателей, которые обеспечивают восстановление лактатной фазы кислородного долга.

Спустя несколько часов после нагрузок восстанавливаются показатели внешнего дыхания, содержание глюкозы и гликогена. Обмен веществ, периферическая кровь, водно-солевой баланс, содержание ферментов и гормонов восстанавливаются через несколько суток.

Таким образом, в различные временные интервалы восстановительного периода функциональное состояние организма неоднозначно. Это следует принимать во внимание, планируя характер нагрузок и реабилитационные мероприятия.

3. Следующей особенностью послерабочих изменений является **фазность восстановления**, которая, в частности, выражается в изменении уровня работоспособности. В динамике восстановления работоспособности различают три фазы.

1) сразу после напряженной работы наблюдается тенденция к восстановлению до исходного уровня, что соответствует **фазе пониженной работоспособности**. *Повторные нагрузки в этот период вырабатывают выносливость;*

2) в дальнейшем восстановление продолжает увеличиваться, наступает сверхвосстановление, соответствующее **фазе повышенной работоспособности**. *Повторные нагрузки в эту фазу повышают тренированность;*

3) восстановление до исходного уровня соответствует **фазе исходной работоспособности**. *Повторные нагрузки в это время мало эффективны и лишь поддерживают состояние тренированности.*

4. Различный характер деятельности человека оказывает избирательное влияние на отдельные функции организма, на разные стороны энергетического обмена. **Избирательность восстановительных процессов** подчиняется этим же закономерностям.

Избирательность восстановительных процессов после тренировочных и соревновательных нагрузок определяется и характером энергообеспечения. После работы преимущественно аэробной направленности восстановительные процессы показателей внешнего дыхания, фазовой структуры сердечного цикла, функциональной устойчивости к гипоксии происходят медленнее, чем после нагрузок анаэробного характера. Такая особенность прослеживается как после отдельных тренировочных занятий, так и после недельных микроциклов.

5. Развитие и совершенствование долговременной адаптации во время тренировок к физическим нагрузкам проявляется на разных этапах спортивной деятельности (вработывание, устойчивая работоспособность), а также и в период восстановления.

**Восстановительные процессы, происходящие в различных органах и системах, подвержены тренируемости.** Другими словами, в ходе развития адаптированности организма к нагрузкам восстановительные процессы улучшаются, повышается их эффективность. У нетренированных лиц восстановительный период удлинен, а фаза сверхвосстановления выражена слабо. *У высококвалифицированных спортсменов отмечаются непродолжительный период восстановления и более значительные явления суперкомпенсации.*

Таким образом, анализ физиологических закономерностей восстановительных процессов свидетельствует не только об определенном теоретическом интересе, но и важном прикладном их значении. Знания медико-биологических особенностей восстановления и их реализация в практике

тренировочной деятельности будут способствовать достижению высоких спортивных результатов, правильному применению реабилитационных мероприятий и, самое главное, сохранению здоровья спортсменов.

#### **4. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления**

В настоящее время все мероприятия, направленные на ускорение восстановительных процессов, делят на педагогические, психологические, медицинские и физиологические.

**Физиологические мероприятия** по ускорению процессов восстановления включают в себя контроль за состоянием функций организма, динамикой работоспособности и утомления в период тренировки и соревнований, а также мобилизацию и использование функциональных резервов организма для ускорения восстановления. *Интегральным критерием оценки эффективности восстановительных процессов является уровень общей и специальной работоспособности.*

Все восстановительные мероприятия могут быть разделены на **постоянные и периодические**.

**Мероприятия первой группы (постоянные)** проводятся с целью профилактики неблагоприятных функциональных изменений, сохранения и повышения неспецифической резистентности и физиологических резервов организма, предупреждения развития раннего утомления и переутомления спортсменов.

К таким мероприятиям относятся:

- рациональный режим тренировок и отдыха;
- сбалансированное питание; за счет питания в организм извне поступают источники энергии (углеводы, жиры), строительный материал (аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, глюкоза), витамины и минеральные вещества, т.е. все, что необходимо для быстрого протекания восстановительных процессов.

- дополнительная витаминизация;
- закаливание;
- общеукрепляющие физические упражнения;
- оптимизация эмоционального состояния.

Эти мероприятия достаточно хорошо известны, реализуются в спортивной практике и не требуют дополнительного обоснования.

**Мероприятия второй группы (периодические)** осуществляются по мере необходимости с целью мобилизации резервных возможностей организма для поддержания, экстренного восстановления и повышения работоспособности спортсменов.

К мероприятиям этой группы относят:

- массаж (мануальный, вибромассаж, гидромассаж, подводный);
- гидротерапию (душ, баня, сауна, ванны); в конечном итоге все способы гидротерапии и массажа приводят к усилению лимфо- и кровообращения. Благодаря этому внутренние органы и особенно мышцы освобождаются от конечных продуктов метаболизма (в первую очередь, от молочной кислоты) и получают в больших количествах кислород, энергетические источники, строительный материал (прежде всего, аминокислоты для синтеза белков, глюкозу для синтеза гликогена);
- различные воздействия на биологически активные точки;
- вдыхание чистого кислорода при нормальном и повышенном атмосферном давлении (гипербарическая оксигенация);
- гипоксическую тренировку;
- применение тепловых процедур;
- ультрафиолетовое облучение;
- использование биологических стимуляторов и адаптогенов, не относящихся к допингам, пищевых веществ повышенной биологической активности и некоторые другие. Применение разрешенных фармакологических препаратов способствует росту работоспособности, ускорению восстановления, повышению уровня адаптации к мышечным нагрузкам. Фармакологические средства также могут стимулировать иммунные свойства организма, улучшать биоэнергетику организма.

Часть мероприятий этой группы апробирована и внедрена в практику спорта, в отношении других (особенно фармакологических средств) следует говорить пока с определенной осторожностью. Во-первых, отдельные вещества, не относившиеся ранее к допингам, начинают причислять к последним, а во-вторых, систематическое применение некоторых препаратов может приводить к истощению резервных возможностей организма, снижению его неспецифической устойчивости и возникновению ряда патологических состояний.

Из числа биологически активных веществ, рекомендуемых для ускорения восстановительных процессов и повышения работоспособности, наибольшее распространение получили растительные стимуляторы

и адаптогены (**женьшень, элеутерококк, левзея, китайский лимонник, заманиха и др.**). Они характеризуются широким диапазоном действия, низкой токсичностью, возможностью использования их как в качестве тонизирующих и стимулирующих средств при выполнении ответственных работ, так и с целью ускорения адаптации, повышения общей неспецифической резистентности организма и улучшения восстановительных процессов.

В экстренных случаях можно рекомендовать препараты стимулирующего действия, которые быстро снимают усталость, ускоряют восстановление пластических и энергетических процессов и повышают работоспособность; положительное действие при этом появляется лишь на фоне выраженного утомления.

К числу таких препаратов относят **сиднокарб, биметил, пироцетам, олифен и актовит**. Они восстанавливают функциональное состояние путем срочной мобилизации сохранившихся резервных возможностей организма. Однако следует иметь в виду, что длительное применение подобных веществ без дополнительного отдыха может приводить к возникновению нежелательных изменений в организме. Поэтому непременным условием достижения благоприятного эффекта является правильный выбор курса приема, а также индивидуализация дозировки в зависимости от функционального состояния организма и характера спортивной деятельности.

Контроль за восстановлением функций организма и работоспособности – довольно трудная задача, для решения которой требуются подготовленные специалисты, необходимое аппаратное обеспечение и условия для проведения исследований.

Однако существуют рекомендации по использованию более простых методических приемов. В частности, для оценки эффективности восстановления при занятиях оздоровительными физическими упражнениями Е. Г. Мильнер (1985) рекомендует использовать пульсометрию, или ортостатическую пробу.

Если при ежедневном подсчете частоты пульса утром после сна лежачего колебания не превышают 2–4 уд./мин, можно полагать, что нагрузка адекватна функциональным возможностям организма и восстановительные процессы протекают нормально.

При выполнении ортостатической пробы в этих условиях (подсчет пульса лежа и после медленного вставания) принято считать, что разница пульсовых ударов менее 16 свидетельствует о хорошем восстановлении,

при разнице 16–18 ударов – восстановительные процессы удовлетворительные, и если ЧСС повысилась на 18 уд./мин и более, – это говорит о переутомлении и неполном восстановлении. Существуют и другие аналогичные рекомендации.

Совершенно очевидно, что некоторые из названных физиологических восстановительных мероприятий используются педагогами, психологами и спортивными врачами, что, во-первых, – характеризует восстановление как комплексную проблему, а во-вторых, говорит о том, что физиологические закономерности функционирования организма должны учитываться и учитываются различными специалистами.

В заключение следует отметить, что проблема восстановления в спорте состоит в дальнейшем изыскании и разработке наиболее эффективных реабилитационных средств и особенно в научном обосновании системы их применения.

#### **Вопросы для аудиторного и самоконтроля**

1. Общая характеристика процессов восстановления.
2. Физиологические механизмы восстановительных процессов.
3. Физиологические закономерности восстановительных процессов.
4. Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления.
5. Физиологические и фармакологические средства, повышающие спортивную работоспособность.

## Лекция 15

### СПОРТИВНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

1. Влияние повышенной температуры и влажности на спортивную работоспособность.
2. Влияние пониженной температуры на спортивную работоспособность.
3. Влияние пониженного барометрического давления на спортивную работоспособность.
4. Влияние повышенного барометрического давления на спортивную работоспособность.
5. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий.

Спортивная деятельность может осуществляться в самых различных условиях внешней среды. При этом спортсмены нередко подвергаются воздействию ряда экстремальных факторов, что приводит к ухудшению их функционального состояния, снижению общей и специальной работоспособности.

#### 1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность

Интенсивные и продолжительные физические нагрузки даже в комфортных условиях внешней среды существенно (в 15–20 раз) увеличивают теплопродукцию в работающих мышцах по сравнению с показателями основного обмена. Образовавшееся тепло передается в кровь, переносится по организму, повышая его температуру до 39–40 °С и выше (рабочая гипертермия).

##### 1.1. Влияние повышенной температуры и влажности

Повышенное теплообразование при мышечной работе приводит к изменению существующих механизмов теплоотдачи. В комфортных условиях теплопотери осуществляются следующим образом:

55% – путем лучеиспускания;

15% – за счет теплопроводения (кондукции и конвекции);

около 30% – за счет испарения жидкости с кожных покровов и дыхательных путей. При этом на испарение 1 л жидкости расходуется 580 ккал.

При повышении температуры окружающего воздуха теплоотдача путем лучеиспускания и конвекции резко снижается и возрастает теплоотдача

путем испарения пота. В свою очередь, усиленное потообразование приводит к нарушению водного баланса организма – **дегидратации (обезвоживанию)**, которая вызывает, прежде всего, напряжение функций сердечно-сосудистой системы. Повышенная влажность воздуха серьезно затрудняет теплоотдачу путем испарения пота. Все это ведет к накоплению тепла в организме, создавая **риск перегревания и даже теплового удара**. Естественно, в таких условиях спортивная работоспособность существенно ухудшается.

Таким образом, снижение работоспособности спортсменов в условиях повышенной температуры и влажности воздуха может быть обусловлено снижением кислородтранспортных возможностей сердечно-сосудистой системы, дегидратацией организма и развитием его перегревания.

На основе механизмов саморегуляции **предупреждение перегревания организма осуществляется тремя физиологическими процессами**.

**Первый** из них **состоит в усилении кожного кровотока**, что увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желез водой. Кожный кровоток при физической работе в условиях высокой температуры может увеличиваться в 10–15 раз, составляя около 20% минутного объема крови. В комфортных условиях при такой же работе эта величина не превышает 5%.

**Второй** физиологический процесс **обусловлен усиленным потообразованием и его испарением**. Потоотделение у спортсменов на марафонской дистанции может достигать 12–15 л/ч; в обычных условиях в состоянии относительного покоя оно составляет 0,5–0,6 л/сут.

И, наконец, в условиях повышенной температуры окружающей среды **уменьшаются скорость потребления кислорода и энергетические затраты**, что приводит к снижению теплопродукции.

Потеря воды организмом при тренировках и соревнованиях в условиях жаркого климата может достигать до 8–10 л/сут. Кроме того, потери воды происходят путем мочеотделения (около 1 л) и испарения с дыхательных путей (0,75 л).

Естественно, такие потери жидкости должны обязательно восполняться. По современным представлениям, дополнительный прием жидкости нужно осуществлять в достаточном количестве (с учетом величины влагопотерь), дробными дозами, с добавлением солей и витаминов.

Регулярное пребывание человека в условиях повышенной температуры и влажности воздуха, а также физические тренировки, связанные с повышением температуры тела, приводят к **адаптации (акклиматизации)** организма,



что характеризуется повышением работоспособности в этих условиях. Лица, хорошо подготовленные физически, легче переносят повышение температуры и влажности воздуха. При подготовке к соревнованиям в жарком климате нужно проводить тренировки в аналогичных условиях за 10–14 сут.

## 1.2. Влияние пониженной температуры

При пребывании человека в условиях пониженной температуры воздуха (Крайний Север, Заполярье) **энергия АТФ расходуется главным образом на теплопродукцию и меньше ее остается на обеспечение мышечной работы.**

Для сохранения тепла в ядре тела теплоизолирующая оболочка увеличивается в 6 раз путем уменьшения кожного кровотока. В организме происходит перестройка обменных процессов. Повышается потребность в жирах. Калорийность питания должна увеличиваться на 5% при каждом снижении среднемесячной температуры воздуха на 10 °С. При этом почками усиленно выводятся витамины С, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, зато лучше усваиваются жирорастворимые витамины А, D и Е.

В организме уменьшаются запасы углеводов и увеличиваются запасы липидов. **Содержание глюкозы в крови без всяких признаков патологии уменьшается вдвое** (до 45–50 мг%). С уменьшением температуры тела основной обмен увеличивается, возрастает активность щитовидной железы. Описанные перестройки в организме снижают физическую работоспособность организма, особенно в период полярной ночи.

## 2. Спортивная работоспособность в условиях измененного барометрического давления

Спортсменам нередко приходится работать в условиях измененного барометрического давления. Тренировки и соревнования в горах сопряжены с влиянием на организм факторов гипобарии. Они характеризуются снижением общего давления, парциального давления газов и прежде всего кислорода, понижением температуры и влажности воздуха, высокой его ионизацией, повышенной солнечной радиацией и уменьшением силы гравитации. С другой стороны, аквалангисты, пловцы-подводники испытывают воздействие гипербарических условий. И в том, и в другом случае основным биологическим фактором, вызывающим ухудшение функций организма и снижение работоспособности, является содержание кислорода. При этом процентное

содержание кислорода и на высоте, и на глубине остается постоянным (около 21%), но уменьшается или возрастает парциальное (частичное) его давление, поэтому на высоте более 3000 м при вдыхании воздуха развивается кислородная недостаточность (гипоксия), а на глубинах свыше 60 м (опять же при дыхании воздухом) возникает отравление избыточным содержанием кислорода (гипероксия).

## 2.1. Влияние пониженного барометрического давления

Высоты до 1000 м над уровнем моря принято считать низнегорьем, от 1000 до 3000 м – среднегорьем, выше 3000 м – высокогорьем. Основные тренировки, а иногда и соревнования, проводятся на высотах 2500–3000 м, т.е. в среднегорье.

Первые дни нахождения человека в среднегорье сопровождаются снижением аэробных возможностей, увеличением энерготрат на одну и ту же нагрузку, ухудшением функционального состояния организма, вялостью, нарушением сна. По прошествии 10–15 сут. наступает адаптация, которая характеризуется тем, что в покое и при умеренной мышечной деятельности люди чувствуют себя хорошо; тяжелые физические нагрузки затруднены, главным образом, вследствие **снижения напряжения кислорода в крови** (гипоксемия).

**При снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, альвеолярном воздухе и в крови может развиваться патологическое состояние – гипоксия.** Первые ее признаки появляются при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе ниже 140 мм рт. ст. (нормальная величина на уровне моря 159 мм рт. ст.), что возможно на высоте 1500 м и более. Гипоксию нередко называют «коварным» патологическим состоянием. Признаки гипоксии:

- **эйфория** (повышенное настроение);
- **потеря сознания** без предвестников, на хорошем психоэмоциональном фоне;
- **ретроградная амнезия** (утрата памяти о предшествующем событии).

Изменения функций организма при гипоксии носят адаптационный и компенсаторный характер и направлены на борьбу с кислородной недостаточностью. Усиливаются функции органов дыхания и кровообращения, увеличиваются количество эритроцитов, гемоглобина, объем циркулирующей крови и возрастает ее кислородная емкость.

При значительной степени кислородной недостаточности или ухудшении компенсаторных реакций в организме человека развивается ряд физиологических и патологических изменений, получивших название **горной, или высотной, болезни**. Она проявляется снижением подвижности основных нервных процессов, нарушением функций вегетативных и сенсорных систем, координации движений, уменьшением показателей физических качеств. Субъективные признаки выражаются головной болью, головокружением, они сопровождаются носовыми кровотечениями, одышкой, тошнотой, рвотой, возможна потеря сознания.

По мере пребывания на высоте устойчивость организма к недостатку кислорода повышается, улучшается самочувствие людей, стабилизируются функции организма и физическая работоспособность. Другими словами, развивается **адаптация** людей или, частный ее случай, **акклиматизация**, которая осуществляется по двум физиологическим механизмам:

- путем повышения доставки кислорода тканям вследствие нормализации функций кислородтранспортной системы;
- приспособлением органов и тканей к пониженному содержанию кислорода в крови и уменьшением вследствие этого уровня метаболизма.

В первые дни пребывания в условиях среднегорья физическая работоспособность снижается как по прямым, так и по косвенным ее показателям. Особенно существенно снижение работоспособности в тех видах спорта, для которых характерен значительный кислородный запрос (бег на средние и длинные дистанции, плавание, велосипедные и лыжные гонки). **Главной причиной снижения работоспособности в этих условиях является увеличение кислородного долга.**

В видах спорта, где работа протекает преимущественно в анаэробных условиях (гимнастика, акробатика, тяжелая атлетика, спринтерский бег), результаты практически не изменяются.

После пребывания спортсменов в среднегорье и по возвращении их на равнину в течение 3–4 недель сохраняется повышенная физическая работоспособность, а спортивные результаты нередко улучшаются. **Физиологический смысл этого явления заключается в адаптированности организма к условиям гипоксии.** Поэтому перед ответственными соревнованиями, особенно в видах спорта на выносливость, рекомендуются тренировки спортсменов в горных условиях или в специальных рекомпрессионных камерах. Разработана также тренировка с дыханием в замкнутом пространстве (например, в резиновый мешок), в котором по мере дыхания снижается содержание кислорода.

## 2.2. Влияние повышенного барометрического давления

Представители некоторых спортивных специализаций (акванавты, ныряльщики, подводные пловцы, аквалангисты) в период пребывания под водой подвергаются воздействию повышенного барометрического давления. При этом **ведущая роль принадлежит влиянию повышенного давления среды и его перепадов, повышенных парциальных давлений газов**, а также изменениям, происходящим в организме вследствие нарушения газового равновесия со средой.

Исследования влияния повышенного барометрического давления на организм человека сопряжены с методическими трудностями, которые определяются тем, что экспериментатор не всегда может находиться вместе с обследуемым; во многих случаях оказывается невозможным использование необходимой аппаратуры. Поэтому большинство фактических материалов о влиянии гипербарии на организм получено в период последствия.

Следует иметь в виду, что в процессе эволюции у человека и наземных животных не выработались специальные адаптационные механизмы, реагирующие на значительное возрастание парциальных давлений кислорода и других газов, на процесс проникновения их в кровь и ткани. Свои защитные функции организм осуществляет опосредованно, преимущественно за счет компенсаторных реакций.

Как известно, главный фактор пониженного атмосферного давления – это пониженное парциальное давления кислорода, следствием чего является недостаточное насыщение гемоглобина кислородом.

При повышении атмосферного давления не происходит избыточного насыщения гемоглобина кислородом, потому что уже при нормальном атмосферном давлении оксигенация крови составляет 96%. Следовательно, при повышении парциального давления кислорода возможно дополнительное насыщение гемоглобина лишь на 4%; 100-процентное насыщение означает, что все молекулы восстановленного гемоглобина превратились в оксигемоглобин.

**Главное физиологическое действие повышенного атмосферного давления не в химических связях кислорода с гемоглобином или миоглобином, а в физических влияниях, оказываемых на организм растворенными газами при их высоких концентрациях.**

При повышении давления вдыхаемого воздуха концентрация растворенного  $O_2$  увеличивается строго пропорционально величине атмосферного давления.

При погружении человека в воду давление столба воды над ним возрастает на 1 атм на каждые 10 м глубины. Соответственно увеличивается количество растворенного кислорода в его тканях. Кислород растворяется не только в крови, но и в тканевой жидкости и даже в протоплазме клеток. Поэтому общее количество растворенного в организме кислорода может достигать при значительном повышении атмосферного давления больших величин. Избыточное количество  $O_2$ , необходимого источника жизни, поступающего под большим парциальным давлением, оказывает на организм токсическое действие. При значительном повышении парциального давления кислорода или при его продолжительном действии наблюдаются угнетение нервных процессов и расстройства ряда физиологических функций.

При действии повышенного барометрического давления на организм, при значительном повышении парциального давления кислорода или при его продолжительном действии возникают функциональные изменения со стороны разных органов и систем.

Изменения **функций ЦНС** указывают на нарушение уравновешенности основных нервных процессов, характеризующееся снижением силы внутреннего торможения и преобладанием процессов возбуждения.

Со стороны **дыхательной системы** отмечается увеличение сопротивления дыханию, уменьшение скорости выдоха и снижение максимальной вентиляции легких.

Наиболее типичной и закономерной реакцией **органов кровообращения** является урежение сердечных сокращений, понижение максимального и повышение минимального артериального давления, т.е. уменьшение пульсового давления. Наблюдается также замедление скорости кровотока, снижение количества циркулирующей крови, УОК и МОК. Эти изменения следует рассматривать как приспособительную реакцию организма, направленную на ограничение избыточного поступления кислорода в органы и ткани.

Изменения **в периферической крови** характеризуются уменьшением количества эритроцитов и гемоглобина, умеренно выраженным лейкоцитозом; при этом снижаются осмотическая стойкость и фагоцитарная активность лейкоцитов.

У лиц названных специализаций угнетается секреторная деятельность пищеварительных желез, моторная функция ЖКТ; усиливается и возрастает диурез.

Все **виды обмена веществ** нарушаются, что приводит к снижению энергообмена и падению уровня физической работоспособности. Возникающие

в организме изменения в большинстве случаев носят функционально-приспособительный характер и через несколько часов, как правило, все показатели возвращаются к норме.

Помимо кислорода, в виде физического раствора в организме находятся и другие газы, входящие в состав воздуха, – углекислый газ и азот. Растворение  $\text{CO}_2$  ничтожно, т.к. содержание его в воздухе очень мало (0,03–0,04 об.%). Иначе обстоит дело с азотом, составляющим 4/5 объема воздуха (78,09 об.%). Он растворяется в крови в больших количествах.

Переход к повышенному давлению здоровые люди переносят довольно безболезненно. Лишь иногда отмечаются кратковременные неприятные ощущения.

При этом происходит уравнивание давления во всех внутренних полостях организма с наружным давлением, а также растворение азота в жидкостях и тканях организма в соответствии с парциальным давлением его во вдыхаемом воздухе. На каждую добавочную атмосферу давления в организме растворяется дополнительно примерно по 1 л азота. (Азот, содержащийся в воздухе, в организме не усваивается, но существует в нем всегда, в растворенном виде, не причиняя никакого вреда).

Как известно, азот является индифферентным газом, не участвующим в дыхании и обмене веществ. Нахождение этого газа в виде физического раствора в тканях не сказывается на их физиологических функциях, но лишь до определенных пределов. Если количество растворенного азота в организме резко возрастает (в случае резкого повышения парциального давления этого газа), то начинает проявляться его токсическое действие.

Влияние на организм физически растворенных газов при длительном пребывании на больших глубинах не ограничивается их токсичностью.

Главная опасность возникает при переходе из области повышенного давления в область нормального атмосферного давления, т.е. при подъеме из глубин на поверхность моря (при декомпрессии).

При этом азот, растворившийся в крови и тканевых жидкостях организма, стремится выделиться во внешнюю среду. Если декомпрессия происходит медленно, то азот постепенно диффундирует через легкие и десатурация происходит нормально.

**Десатурация** (desaturatio; де- + лат. saturatio насыщение; син. насыщение) – процесс снижения концентрации газов в жидкостях и тканях организма при снижении общего или парциального давления газа над жидкостью.

Однако в случае ускорения декомпрессии азот не успевает диффундировать через легочные альвеолы и выделяется в тканевых жидкостях и в крови в газообразном виде (в виде пузырьков). Выделение азота происходит сначала из тканевых жидкостей, поскольку они имеют наименьший коэффициент перенасыщения азота, а затем может произойти и в кровяном русле (из крови). При этом возникают болезненные явления, носящие название кессонной болезни.

Пузырьки воздуха оказываются в тканях, лимфе, крови, они закупоривают мелкие сосуды, затрудняя кровоснабжение органов. Если это произойдет в жизненно важных органах (сердце, мозг), то может наступить смерть.

Поэтому во избежание эмболии (закупорка кровеносного сосуда эмболом – пузырьком воздуха) подъем после глубоководных погружений должен совершаться очень медленно. При этом условии давление наружного воздуха снижается постепенно и растворенный в организме азот переносится кровью к легким и только там переходит из растворенного состояния в газообразное и с выдохом удаляется из организма. Нарушение научных обоснованных условий подъема может привести к смерти или вызвать кессонную болезнь.

Кессонная болезнь возникает большей частью после водолазных работ при нарушении правил декомпрессии (постепенного перехода от высокого к нормальному атмосферному давлению). Она проявляется в сильных болях в органах, куда проникли пузырьки воздуха.

Кессонная болезнь выражается прежде всего в возникновении резких ломящих болей в мышцах, костях и суставах. В народе это заболевание весьма метко называли «заломай». В дальнейшем симптоматика развивается в зависимости от локализации сосудистых эмболов (мраморность кожи, парестезии, парезы, параличи, и т.д.). Наблюдаются зуд, головокружение, расстройство речи, помрачение сознания.

Лечением и профилактикой этой патологии занимаются специально подготовленные врачи-физиологи и водолазные специалисты.

Спортсмены, тренеры и медицинские работники, обеспечивающие тренировки и соревнования в условиях гипербарии, должны хорошо знать о возможности возникновения и характере функциональных сдвигов и патологических нарушений в организме людей в период пребывания под водой. В случае появления профессиональных заболеваний пострадавшие должны доставляться в бароцентры (а не в больницы!), где имеется необходимое

оборудование для проведения лечебных мероприятий и соответствующие специалисты.

Во время работы под водой при нарушении режимов безопасности могут возникать различные патологические состояния и **профессиональные заболевания**.

К их числу относятся: отравление кислородом, кислородное голодание, отравление углекислым газом, переохлаждение или перегревание организма, особый синдром повышенного давления, баротравма легких и декомпрессионная (кессонная) болезнь.

### **3. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий**

В соответствии с ритмическими изменениями явлений природы в организме человека и животных сформировались определенные ритмы физиологических функций, получившие название **биологических ритмов**. Изменения внешней среды неизбежно отражаются на физиологических реакциях организма, обуславливая состояние уравновешенности его с внешней средой, что вытекает из учения И. М. Сеченова и И. П. Павлова о тесном взаимодействии организма и внешней среды, их единстве.

**Различают суточные (точнее – околосуточные), околосуточные, сезонные (или годовые), многолетние и др. биоритмы.**

Среди биологических ритмов человека центральное место занимают **околосуточные, или циркадные, ритмы**, период которых колеблется около 24 ч. Стереотипные, тысячелетиями повторяющиеся суточные колебания среды в виде смены дня и ночи создали в организме прочную систему последовательных изменений функций организма.

Суточные колебания обнаруживаются в деятельности высших отделов ЦНС, в гемодинамике и дыхании, в системе крови и терморегуляции, в деятельности пищеварительного аппарата и обмена веществ, в мышечной силе, быстроте и выносливости, физической и умственной работоспособности и в других проявлениях жизнедеятельности организма.

В настоящее время известно около 60 разных физиологических функций организма, имеющих четкую суточную периодичность, причем фаза максимальной деятельности в большинстве случаев приходится на период бодрствования, а минимум – примерно на 4 ч ночи. Строгое чередование физиологических процессов во времени является одним из выражений биологической целесообразности и физиологической целостности организма.



Возможность нарушения суточных биологических ритмов обусловлена двумя факторами:

- сменной работой (ночные смены, вахты);
- быстрым перемещением людей в широтном направлении при пересечении нескольких часовых поясов.

Перестройка биоритмов проявляется как субъективными, так и объективными нарушениями (быстрая утомляемость, слабость, бессонница в ночное время и сонливость в дневные часы, изменения функций организма и пониженная работоспособность). В отечественной литературе подобное состояние человека получило наименование **«десинхроноз»**. Выраженность функциональных состояний (десинхроноз), характер и скорость адаптационных перестроек в новых условиях зависят от величины поясно-временных сдвигов, направления перелета, контрастности поясно-климатического режима в пунктах постоянного и временного проживания, характера двигательной деятельности спортсменов. При возвращении в место постоянного жительства реадаптация людей протекает в более короткий период, чем адаптация к новым условиям.

В основе формирования суточной периодики лежит условно-рефлекторный динамический стереотип, образование которого в новых условиях проходит несколько фаз:

- 2–5-е сутки после перелета характеризуются снижением функций организма и прямых показателей работоспособности;
- 6–10-е сутки сопровождаются колебаниями названных показателей;
- 11–14-е сутки сопровождаются полным их восстановлением;
- после 15 суток иногда отмечается превышение исходного уровня (сверхвосстановление).

Существенное влияние на процессы адаптации к новым поясно-климатическим условиям оказывает специфика двигательной деятельности. В частности, нарушение биоритмов *больше сказывается на выполнении скоростных, скоростно-силовых и сложнокоординационных упражнений*; в упражнениях на выносливость его влияние значительно меньше.

Работоспособность спортсменов изменяется также от месяца к месяцу, от сезона к сезону, т.е. зависит от биоритмов с длительными периодами. Однако изучены они недостаточно, поэтому в настоящее время нет убедительных научно-обоснованных предпосылок для использования их в тренерской практике.

## Вопросы для аудиторного и самоконтроля

1. Влияние повышенной температуры и влажности на спортивную работоспособность. Тепловая адаптация.
2. Влияние пониженной температуры на спортивную работоспособность.
3. Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления. Факторы, действующие на организм человека в условиях среднегорья и высокогорья. Адаптация к гипоксии.
4. Работоспособность спортсменов во время и после пребывания в среднегорье.
5. Спортивная работоспособность в условиях повышенного атмосферного давления.
6. Биологические ритмы. Классификация биоритмов. Биоритмы и работоспособность.
7. Спортивная работоспособность при смене временных поясов.
8. Питьевой режим спортсмена. Акклиматизация.

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении курса «Физиология спорта» в высших учебных заведениях учебной программой предусмотрены не только теоретические (лекции), но и лабораторные занятия. Основная цель этих занятий – углубленное изучение теоретического материала и выработка практических навыков оценки влияния физических нагрузок на организм, необходимых будущему преподавателю физической культуры для его дальнейшей профессиональной деятельности.

В лабораторном практикуме по учебной дисциплине «Физиология спорта» представлены лабораторные работы в соответствии с учебным планом специальности 1-03 02 01 «Физическая культура». В каждой лабораторной работе сформулированы ее цели, детально описывается ход выполнения лабораторной работы. Для помощи студентам в проведении лабораторных исследований при описании лабораторных работ приведены методики определения различных функциональных показателей, критерии оценки результатов исследования, формы протоколов, примеры расчетов.

Выполнив работу, студенты должны аккуратно записать результаты, заполнить протокол опыта и сделать соответствующие выводы. Правильность выполнения работы контролируется преподавателем.

Основное назначение лабораторного практикума – рациональное использование отводимого для лабораторных занятий времени и организация самостоятельной работы студентов.

**Лабораторная работа 1**  
**ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ**  
**СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНА**  
(проводится в парах)

**Цель работы:** оценить возможность приспособления сердечно-сосудистой системы к различным физическим нагрузкам.

**Задание 1. Ортостатическая проба**

Ортостатическая проба характеризует возбудимость симпатического отдела вегетативной нервной системы.

**Оборудование:** секундомер (часы с секундной стрелкой).

**Ход работы**

1. Испытуемый в течение 4–5 мин спокойно находится в положении лежа.
2. На 5-й мин экспериментатор подсчитывает у испытуемого пульс и фиксирует его.
3. Далее по команде обследуемый резко встает и в этот момент экспериментатор вновь определяет частоту пульса в течение 1 мин.
4. Для получения более достоверного результата опыт повторяют несколько раз.
5. Результаты исследования заносят в таблицу 1.

Частоту пульса определяют следующим образом.

Измеряется пульс всегда в одном и том же положении (лежа, сидя или стоя).

Пульс – это ритмические колебания стенки артериальных сосудов, вызываемые повышением давления в период систолы.

В основе регистрации пульса лежит пальпаторный метод. Он заключается в прощупывании и подсчете пульсовых волн. Обычно принято определять пульс на лучевой артерии у основания большого пальца, для чего 2-й, 3-й и 4-й пальцы накладываются несколько выше лучезапястного сустава, артерия нащупывается и прижимается к кости. После высокой нагрузки более точно можно подсчитать частоту сердцебиений (которая равна частоте пульса), положив руку на область сердца.

В состоянии покоя пульс подсчитывают в течение одной минуты. После физической нагрузки пульс считают 10-секундными интервалами.

В нормальных условиях частота пульса соответствует частоте сердечных сокращений (ЧСС) и равна 60–80 ударам в минуту.

Таблица 1. – Результаты измерения ЧСС в ходе эксперимента

ЧСС в положении лежа на 5-й минуте, уд./ мин	ЧСС в положении стоя после подъема, уд./ мин	Увеличение ЧСС, уд./ мин

### Оценка результатов

Оценка ортостатической пробы проводится на основании таблицы 2 (оценка ортостатической пробы у разных авторов немного отличается).

В норме при переходе из положения лёжа в положение стоя отмечается учащение пульса на 10– 12 уд./мин. Учащение ЧСС на 20 уд./мин и более указывает на недостаточную нервную регуляцию сердечно-сосудистой системы и может быть признаком слабой приспособляемости системы кровообращения либо нарушений в работе сердца.

Таблица 2. – Реакция организма на увеличение частоты пульса

Частота пульса, ее увеличение	Состояние организма, его реакция
Не более чем на 4 удара в минуту	Очень благоприятная, организм способен выносить большую физическую нагрузку
В интервале от 4 до 24 ударов в минуту	В целом благоприятная
На 24 и более ударов в минуту	Неблагоприятная, организм не может выносить физическую нагрузку. Учащение более чем на 24 удара указывает на преобладание симпатической иннервации

### Выводы:

---



---



---

## Задание 2. Проба Мартине

**Оборудование:** секундомер (часы с секундной стрелкой).

### Ход работы

1. Измеряют частоту пульса за 10 с в состоянии покоя (сидя) 3–4 раза. Рассчитывают среднее значение.
2. Испытуемый выполняет 20 приседаний в медленном темпе за 30 с.
3. Измеряют частоту пульса за 10 с сразу после нагрузки (сидя).
4. Сопоставить данные частоты сердечных сокращений в покое (до нагрузки) и после нагрузки. Определить процент прироста ЧСС (см. пример расчета ниже).

Оценку реакции пульса на физическую нагрузку определяют сопоставлением данных частоты сердечных сокращений в покое (до нагрузки) и после нагрузки, т.е. определяется процент учащения пульса.

ЧСС в покое принимают за 100%, разницу в ЧСС до и после нагрузки (процент прироста) – за  $X$ . Составляем пропорцию и выводим формулу:

$$X = \frac{\text{ЧСС}_2 - \text{ЧСС}_1 \cdot 100}{\text{ЧСС}_1},$$

где  $\text{ЧСС}_1$  – частота сердечных сокращений до нагрузки;

$\text{ЧСС}_2$  – частота сердечных сокращений после нагрузки

Например, пульс до начала нагрузки был равен 12 ударам за 10 с (таким образом, ЧСС до начала нагрузки – 72 уд./мин), после нагрузки – 20 уд. за 10 с (следовательно, ЧСС после нагрузки – 120 уд./мин).

$$\text{ЧСС}_2 - \text{ЧСС}_1 = 120 - 72 = 48.$$

Составляем пропорцию:

$$72 - 100\%$$

$$48 - X$$

$$X = (48 \times 100) / 72.$$

Результаты пробы:

$$\text{ЧСС}_1 -$$

$$\text{ЧСС}_2 -$$

$$\text{ЧСС}_2 - \text{ЧСС}_1 =$$

*Процент прироста (X) =*

## Оценка результатов

Оценка пробы Мартине проводится на основании таблицы 3.

Таблица 3. – Оценка пробы Мартине (С. Н. Кучкин, 1998)

Процент прироста ЧСС	Оценка пробы	Процент прироста ЧСС	Оценка пробы	Процент прироста ЧСС	Оценка пробы
< 25	5,0	50,0 – 55,9	3,8	80,0 – 84,9	2,6
25,1 – 29,9	4,8	56,0 – 60,9	3,6	85,0 – 89,9	2,4
25,1 – 34,9	4,6	61,0 – 65,9	3,4	90,0 – 94,9	2,2
35,0 – 39,9	4,4	66,0 – 70,9	3,2	95,0 – 99,9	2,0
40,0 – 44,9	4,2	71,0 – 74,9	3,0	100,0 – 104,9	1,8
45,0 – 49,9	4,0	75,0 – 79,9	2,8	105 – 109,9	1,6

**Выводы:**

---

---

---

**Лабораторная работа 2**  
**РАСЧЕТ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА**  
**СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ**  
**(по Баевскому Р. М., 1997)**  
*(проводится в парах)*

**Цель работы:** ознакомиться с принципами и приемами исследования адаптационных реакций организма. Овладеть методикой расчета адаптационного потенциала системы кровообращения.

Под адаптационным потенциалом понимают степень возможности индивида включаться в новые меняющиеся условия среды в самом широком смысле этого слова. Метод определения адаптационного потенциала (АП) организма человека достаточно прост и может быть рекомендован для массовых обследований. При этом исследуют адаптационный потенциал системы кровообращения.

Распознавание степени адаптации позволяет определить уровень физической подготовленности, корректировать физические нагрузки в соответствии с возможностями организма. Последнее особенно важно, поскольку

чрезмерные физические нагрузки приводят сначала к перенапряжению адаптации органов и систем, а затем и к патологическому состоянию (срыву).

Для определения АП регистрируют следующие показатели: возраст, массу тела, рост, частоту пульса, артериальное давление. Антропометрические измерения лучше проводить в первой половине дня, без верхней одежды и обуви.

### **Ход работы**

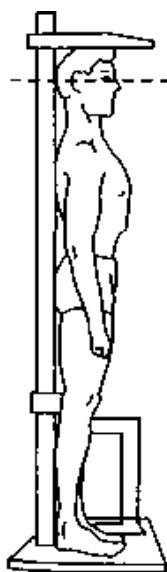
1. Произвести определение роста, массы тела, ЧСС, артериального давления.
2. Произвести расчет адаптационного потенциала по соответствующей формуле.
3. Используя балльную шкалу, дать оценку адаптационного потенциала системы кровообращения и оценить функциональные возможности организма.
4. Полученные результаты исследования записать в тетрадь и сделать необходимые выводы.

### **Задание 1. Определение роста (длины тела)**

**Оборудование:** ростомер.

### **Ход работы**

Длину тела (рост) измеряют при помощи ростомера.



**Рисунок 1. – Положение тела обследуемого при измерении длины тела**



При измерении длины тела обследуемый должен стоять на платформе ростомера выпрямившись, слегка выпятив грудь и втянув живот, руки по швам, пятки вместе, носки врозь. При этом он касается вертикальной планки (стойки) ростомера пятками, ягодицами и межлопаточной областью, голова слегка наклонена. Линия, проведенная от верхнего края козелка уха до нижнего края глазницы, находится на горизонтальном уровне.

Горизонтальную планку ростомера подводят к наиболее высокой точке головы, точность измерения – до 0,5 см (см. рисунок 1).

*Результаты исследования занесите в протокол опытов (см. ниже).*

## **Задание 2. Определение массы тела**

**Оборудование:** весы медицинские.

### **Ход работы**

Определение массы тела производится путем взвешивания испытуемого на медицинских весах, которые перед началом взвешивания обязательно должны быть отрегулированы.

Обследуемый становится на середину площадки весов лицом к экспериментатору, и сдвижными гирями на нижней, а затем на верхней планке весы уравнивают.

Взвешивание проводят натошак, без одежды и обуви. Точность измерения – до 100 г.

*Результаты исследования занесите в протокол опытов (см. ниже).*

## **Задание 3. Определение ЧСС**

**Оборудование:** секундомер (часы с секундной стрелкой).

### **Ход работы**

Измеряют частоту пульса в течение минуты в состоянии покоя (сидя) 3–4 раза. Рассчитывают среднее значение.

*Методика определения ЧСС описана в лабораторной работе 1.*

*Результаты исследования занесите в протокол опытов (см. ниже).*

## **Задание 4. Определение артериального давления (АД)**

Артериальным называют давление крови в артериальных сосудах организма. Это важнейший показатель состояния сердца и сосудов. Уровень артериального давления определяется рядом факторов, среди которых

основными являются работа сердца и тонус сосудов. Артериальное давление колеблется в зависимости от фаз сердечного цикла. В период систолы оно повышается (систолическое, или максимальное, давление), в период диастолы – снижается (диастолическое, или минимальное, давление). Разность между величиной систолического и диастолического давления составляет пульсовое давление.

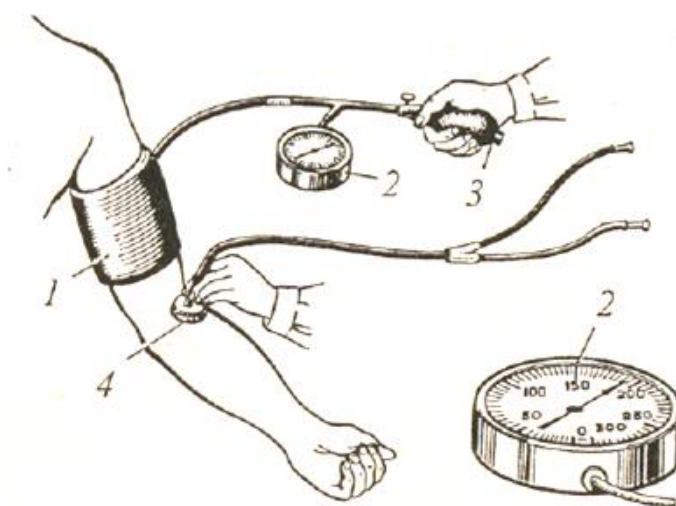
**Оборудование:** тонометр.

### Ход работы

Измерение АД должно проводиться в спокойной комфортной обстановке при комнатной температуре. В помещении, где измеряется артериальное (кровяное) давление, должно быть тихо. Испытуемый должен находиться в удобной позе.

Определяется АД на плечевой артерии. Манжетку тонометра оборачивают вокруг левого плеча испытуемого (предварительно обнажив левую руку); нижний край манжеты располагается на 2–3 см выше локтевого сгиба.

В области локтевой ямки устанавливают фонендоскоп, с помощью которого выслушивают тоны сердца. Левая рука испытуемого развернута и под ее локоть подставляется ладонь правой руки. Экспериментатор нагнетает воздух в манжетку до отметки 150–170 мм рт. ст. (до значений выше ожидаемого систолического давления). Затем медленно выпускает воздух из манжетки и прослушивает тоны (рисунок 2).



1 – манжетка; 2 – манометр; 3 – груша; 4 – фонендоскоп

Рисунок 2. – Измерение кровяного давления у человека  
(по способу Н. С. Короткова)

В момент первого звукового сигнала на шкале прибора появляется значение систолического давления (т.к. только во время систолы левого желудочка кровь проталкивается через сдавленный участок артерии). Экспериментатор записывает величину давления. Постепенно звуковой сигнал будет ослабевать и наступит момент, когда звук исчезнет. Кровь начинает протекать через пережатый участок бесшумно. В этот момент на шкале можно видеть величину диастолического давления. Экспериментатор фиксирует и эту величину.

Для получения более точных результатов измерение следует повторить несколько раз с интервалом 3–5 мин.

*Полученные результаты исследования занесите в протокол опытов (см. ниже).*

#### Протокол опытов

Показатель	Результаты исследования
Рост, см	
Масса тела, кг	
ЧСС, ударов в мин	
АД <sub>сис.</sub>	
АД <sub>диаст.</sub>	
Возраст	

#### Обработка результатов

Расчет адаптационного потенциала производится по формуле

$$AP = 0,011 \cdot ЧСС + 0,014 \cdot АД_{сис.} + 0,008 \cdot АД_{диаст.} + 0,014 \cdot В + 0,009 \cdot МТ - 0,009 \cdot Р - 0,27,$$

где ЧСС – частота пульса в 1 мин;

АД<sub>сис.</sub> – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.;

АД<sub>диаст.</sub> – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.;

В – возраст, лет;

МТ – масса тела, кг;

Р – рост, см.

**AP =**

#### Оценка результатов

Общая оценка адаптационного потенциала организма производится по шкале, приведенной в таблице 4.

Таблица 4. – Шкала оценок адаптационного потенциала организма

Баллы	Адаптационный потенциал	Характеристика уровня функционального состояния
Менее 2,10	Удовлетворительная адаптация	Высокие или достаточные функциональные возможности организма
2,11 – 3,20	Напряжение механизмов адаптации	Достаточные функциональные возможности обеспечиваются за счет функциональных резервов
3,2 – 4,30	Неудовлетворительная адаптация	Снижение функциональных возможностей организма
Более 4,31	Срыв механизмов адаптации	Резкое снижение функциональных возможностей организма

**Выводы:**

---



---



---

**Лабораторная работа 3**  
**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АДАПТАЦИИ**  
**ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА К ГИПОКСИИ**  
*(проводится в парах)*

**Цель работы:** оценить степень адаптации организма спортсмена к недостатку кислорода.

**Оборудование:** секундомер, калькулятор.

Для определения функционального состояния дыхательной системы и способности внутренней среды организма насыщаться кислородом используются пробы Штанге и Генчи.

**Задание 1. Проба Штанге** (задержка дыхания на вдохе)

**Ход работы**

Измеряют максимальное время задержки дыхания после глубокого вдоха. При этом рот должен быть закрыт и нос зажат пальцами.

1. После 5 мин отдыха сидя испытуемый выполняет 2–3 глубоких вдоха – выдоха, а затем, сделав глубокий вдох (80–90% максимального), задерживает дыхание.

2. Экспериментатор в этот момент включает секундомер, выключение которого производит по шумному выдоху испытуемого, фиксируя время.

3. Результаты эксперимента занесите в тетрадь и сравните с нормой.
4. Сделайте вывод, используя таблицу 5.

### **Время задержки дыхания –**

#### **Оценка результатов**

Здоровые люди задерживают дыхание в среднем на 40–50 с, спортсмены высокой квалификации – до 5 мин, а спортсменки – от 1,5 до 2,5 мин.

Таблица 5. – Уровни длительности задержки дыхания на вдохе

Низкий уровень	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
< 20 с	20 – 39 с	40 – 59 с	60 – 80 с	> 80 с

#### **Выводы:**

---



---



---

### **Задание 2. Проба Генчи (задержка дыхания на выдохе)**

#### **Ход работы**

Проба Генчи выполняется так же, как и проба Штанге, только задержка дыхания производится после полного выдоха.

Измеряют максимальное время задержки дыхания после полного выдоха.

1. Испытуемый после неглубокого вдоха должен сделать полный выдох и задержать дыхание.
2. Экспериментатор при помощи секундомера фиксирует время задержки дыхания.
3. Результаты эксперимента занесите в тетрадь и сравните с нормой.
4. Сделайте вывод, используя таблицу 6.

### **Время задержки дыхания –**

#### **Оценка результатов**

Пробы с задержкой дыхания отражают функциональное состояние как дыхательной, так и сердечно-сосудистой системы. В процессе занятий физической культурой устойчивость к гипоксии повышается.

У здоровых людей время задержки дыхания составляет в среднем 25–30 с. Спортсмены способны задерживать дыхание на 60–90 с.

При заболеваниях органов дыхания, кровообращения, после инфекционных и других заболеваний, а также в результате перенапряжения и переутомления, когда ухудшается общее функциональное состояние организма, продолжительность задержки дыхания и на вдохе, и на выдохе уменьшается.

Таблица 6. – Уровни длительности задержки дыхания на выдохе

Низкий уровень	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
< 15 с	16 – 25 с	26 – 35 с	36 – 45 с	> 45 с

**Выводы:**

---



---



---

### Задание 3. Определение частоты дыхания

#### Ход работы

1. Экспериментатор кладет на верхнюю часть груди испытуемого руку с широко расставленными пальцами и считает количество вдохов за 1 мин.
2. Подсчет производится несколько раз в положении стоя.
3. Полученный результат занесите в протокол опыта.
4. Сравните полученный результат с нормой и сделайте вывод.

#### Оценка результатов

Физиологическая норма частоты дыхания составляет 16 – 20 дыхательных движений в минуту (по данным других авторов – 14 – 18). У спортсменов частота дыхания ниже – от 10 до 16.

#### Протокол опыта

	1	2	3	Среднее значение
Количество вдохов за 1 мин в состоянии покоя				

**Выводы:**

---



---



---

**Лабораторная работа 4**  
**ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**  
**ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**  
*(проводится в парах)*

**Цель работы:** оценить функциональное состояние ВНС.

Оценка функционирования вегетативной нервной системы осуществляется по методике определения вегетативного индекса Кердо (ВИК).

Вегетативный индекс Кердо (ВИК), разработанный венгерским врачом И. Кердо, – показатель, использующийся для оценки деятельности вегетативной нервной системы. Он показывает соотношение возбудимости ее симпатического и парасимпатического отделов, применяется для оценки баланса тонуса между симпатической и парасимпатической нервными системами.

**Оборудование:** секундомер, тонометр, калькулятор.

**Ход работы**

1. Испытуемый в положении сидя измеряет частоту сердечных сокращений за 1 минуту 3–4 раза. Рассчитывают среднее значение (*методика определения ЧСС описана в лабораторной работе 1*).

2. Затем измеряют у испытуемого артериальное давление (*методика определения АД описана в лабораторной работе 2*). Для получения более точных результатов измерение следует повторить несколько раз с интервалом 3–5 мин. Рассчитывают среднее значение.

**Протокол опыта**

	1	2	3	Среднее значение
АД <sub>диаст.</sub>				
ЧСС, ударов/мин				

**Обработка результатов**

Результаты измерений подставляют в формулу

$$\text{ВИК} = \left( 1 - \frac{\text{АД}_{\text{диаст.}}}{\text{ЧСС}} \right) \cdot 100,$$

где АД<sub>диаст.</sub> – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.;  
 ЧСС – частота сердечных сокращений за 1 мин, ударов/мин.

**ВИК =**

## Оценка результатов

Оценка функционального состояния вегетативной нервной системы производится по таблице 7.

Таблица 7. – Определение тонуса вегетативной нервной системы (С. Н. Кучкин, 1998)

Показатели	Преобладание тонуса парасимпатической иннервации		Относительное равновесие	Преобладание тонуса симпатической иннервации	
	– 31 и ниже	– 30 до – 16		От 16 до 30	31 и выше
ВИ (у.е.)	– 31 и ниже	– 30 до – 16	– 17 до 15	От 16 до 30	31 и выше

## Выводы:

---

---

---

## Лабораторная работа 5 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНА (проводится в парах)

### Задание 1. Оценка состояния физической работоспособности по одышке

**Цель работы:** оценить состояние физической работоспособности по одышке.

**Оборудование:** секундомер.

#### Ход работы

1. В спокойном темпе без остановок испытуемый поднимается на четвертый этаж учебного заведения.
2. Затем экспериментатор измеряет пульс у испытуемого (*методика определения ЧСС описана в лабораторной работе 1*).
3. Занесите полученные данные в тетрадь.
4. Оцените состояние физической работоспособности и сделайте соответствующий вывод.

**ЧСС –**

#### Оценка результатов

Оценка состояния физической работоспособности производится по таблице 8.



Таблица 8. – Оценка состояния физической работоспособности

Частота пульса, ударов/мин	Состояние физической работоспособности
менее 100	Отличное
100 – 130	Хорошее
130 – 150	Посредственное
более 150	Нежелательное (тренировка почти отсутствует)

### Выводы:

---

---

---

### Задание 2. Определение работоспособности правой и левой кисти

**Цель работы:** определить силовую выносливость мышц и ее влияние на работоспособность.

**Оборудование:** кистевой динамометр, секундомер, калькулятор.

#### Ход работы

1. Стрелку динамометра вручную поставьте в нулевое положение.
2. Отведите вытянутую руку с динамометром в сторону под прямым углом к туловищу (свободная рука опущена и расслаблена), при этом кисть удобно обхватывает динамометр (рисунок 3).

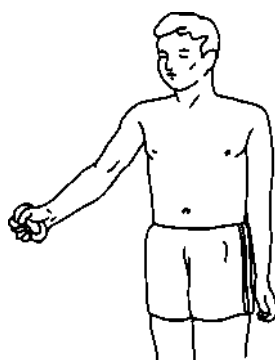


Рисунок 3. – Динамометрия

3. Затем максимально сжимайте пружину 10 раз с интервалом в 5 с, в течение которого устанавливайте стрелку динамометра на «0»;
4. Экспериментатор регистрирует показания динамометра, которые заносит в протокол опыта.
5. Получив 10 показаний, постройте график (для правой и левой руки разным цветом).

6. Рассчитайте уровень работоспособности ( $R$ ) и показатель снижения работоспособности ( $S$ ) по формулам

$$R = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_{10}}{10}, \quad S = \frac{P_1 - P_{\min}}{P_{\max}} \cdot 100,$$

где  $p_1 + p_2 + \dots + p_{10}$  – показатели динамометра;  
 $p_1$  – величина начального мышечного усилия;  
 $p_{\min}$  – минимальная величина мышечного усилия;  
 $p_{\max}$  – максимальная величина мышечного усилия.

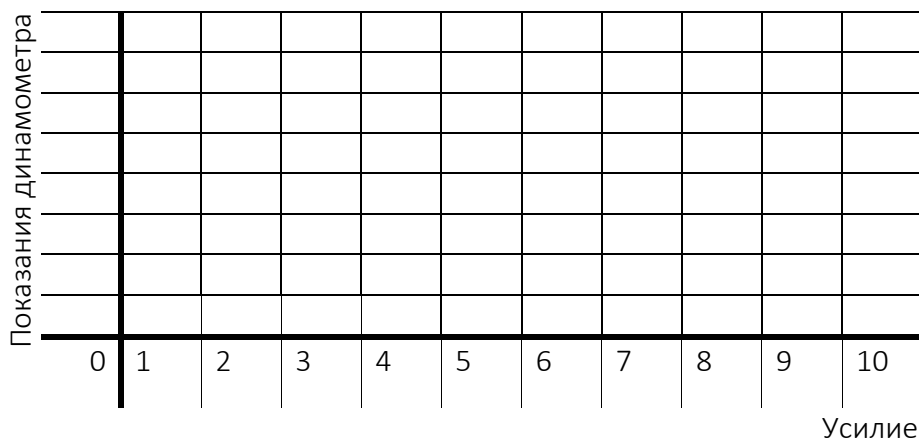
Проведите работу для обеих рук, результаты расчетов занесите в протокол и сделайте выводы.

### Протокол опыта

Показания динамометра (численные показатели)

№ п/п	Правая рука	Левая рука
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

### Построение графика



Условные обозначения:

правая рука –

левая рука –

Расчет уровня работоспособности ( $R$ ) и показателя снижения работоспособности ( $S$ ):

$R =$

$S =$

Рука	Уровень работоспособности ( $R$ )	Показатель снижения работоспособности ( $S$ )
Правая		
Левая		

**Выводы:**

---

---

---

**Лабораторная работа 6**  
**ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ**  
**ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА**  
*(проводится в парах)*

**Цель работы:** оценить координационные способности спортсмена.

**Оборудование:** секундомер.

**Задание 1. Проба Ромберга (Romberg, 1846)**

Проба Ромберга позволяет оценить координационную функцию нервной системы. С помощью этого простого теста оценивается способность организма испытуемого к сохранению равновесия, выявляются нарушения со стороны вестибулярного аппарата. Поза Ромберга широко применяется в спорте для оценки координационных способностей.

**Ход работы**

**Поза Ромберга** – обычно это положение стоя со сдвинутыми вместе стопами, с закрытыми глазами и вытянутыми прямо перед собой руками.

В настоящее время для оценки функционального состояния вестибулярного аппарата (для оценки влияния зрения на способность поддерживать

вертикальное положение) применяются различные варианты (модификации) позы Ромберга, отличающиеся видом принимаемой позы.

Проба Ромберга проводится в четырех режимах при постепенном уменьшении площади опоры. Во всех случаях руки у обследуемого должны быть подняты вперед, пальцы разведены и глаза закрыты (последнее исключает коррекцию со стороны органа зрения и дополнительно усложняет сохранение равновесия). Тест выполняется без обуви.

Проба проводится без предварительной тренировки.

Фиксируется время (с) удержания позы. Определяется степень устойчивости (неподвижно стоит исследуемый или покачивается) в данной позе, а также обращают внимание на наличие дрожания (тремор) век и пальцев рук.

Для предотвращения падения при выполнении пробы необходимо оказывать страховку испытуемому.

**Проба Ромберга 1** (простая) (рисунок 4). Испытуемый стоит с опорой на две ноги (пятки вместе, носки немного врозь (расстояние между стопами 2–3 см), глаза закрыты, руки вытянуты вперед, пальцы несколько разведены (растопырены). Допускаются 3 попытки. В протокол заносится лучший результат. У здоровых нетренированных людей это время составляет 30–55 с.

*Время удержания устойчивой позы –*

*Степень устойчивости –*

Следует отметить, что простую пробу Ромберга применяют обычно в клинике при обследовании больных людей. В норме здоровый человек стоит в такой позе прямо, в патологических случаях он отклоняется в сторону, шатается или падает.

Пошатывание в позе Ромберга может наблюдаться при поражении мозжечка и нарушении его связей с другими отделами ЦНС, расстройствах функции вестибулярного аппарата, нарушении глубокой чувствительности вследствие поражения спинного мозга, а также при полиневрите, неврозах.

Для спортсменов рекомендуют также использовать различные модификации пробы (проба Ромберга 2, 3, 4).

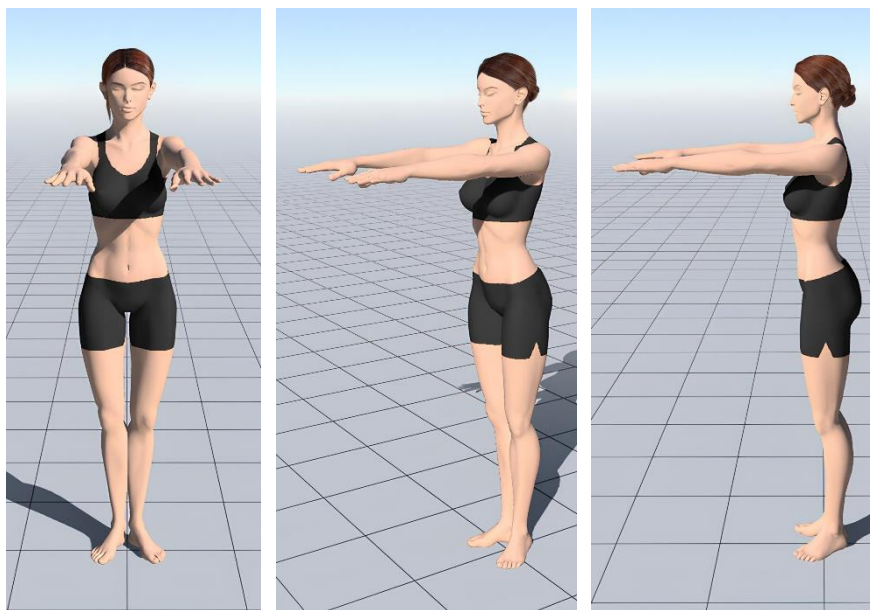


Рисунок 4. – Проба Ромберга 1

**Проба Ромберга 2 (пяточно-носочная)** (рисунок 5). Испытуемый должен стоять так, чтобы ноги его были на одной линии, при этом пятка одной ноги касается большого пальца другой ноги, глаза закрыты, руки вытянуты вперед, пальцы разведены.

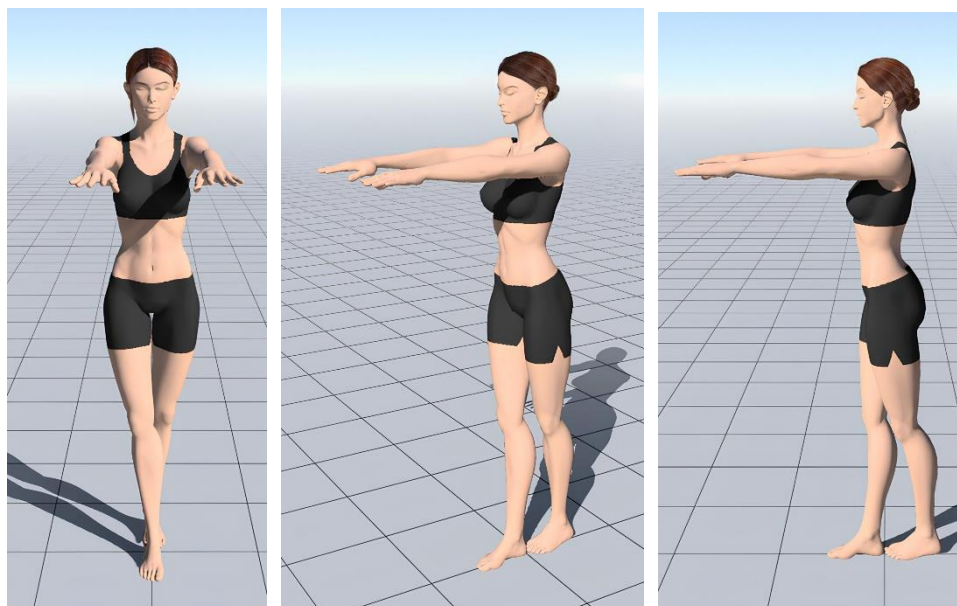


Рисунок 5. – Проба Ромберга 2

*Время удержания устойчивой позы –*

*Степень устойчивости –*

Время устойчивости в позе Ромберга 2 у здоровых нетренированных лиц находится в пределах 30–50 с, при этом отсутствует тремор рук и век. У спортсменов время устойчивости значительно больше (особенно у гимнастов, фигуристов, прыгунов в воду, пловцов) и может составлять 100–120 с и более.

**Проба Ромберга 3** (пяточно-коленная). (рисунок 6). Испытуемый стоит на одной (любой) ноге, пятка другой касается коленной чашечки опорной ноги, при этом глаза закрыты; разведенные под углом 45° руки вытянуты вперед и немного вверх.

Фиксируется суммарное время сохранения равновесия за три попытки, и выполненным нормативом считается 45 с устойчивого положения.



Рисунок 6. – Проба Ромберга 3

*Время удержания устойчивой позы –*

*Степень устойчивости –*

Твердая устойчивость позы более 15 с при отсутствии тремора пальцев и век оценивается как «хорошо»; покачивание, небольшой тремор век и пальцев при удержании позы в течение 15 с – «удовлетворительно»; выраженный тремор век и пальцев при удержании позы менее 15 с – «неудовлетворительно»

**Проба Ромберга 4** (усложненная) (рисунок 7). Встать в позу с закрытыми глазами (на одной ноге, вторая нога и туловище – горизонтально, голова приподнята, руки разведены в стороны). Попытаться сохранить равновесие в течение 15 с.

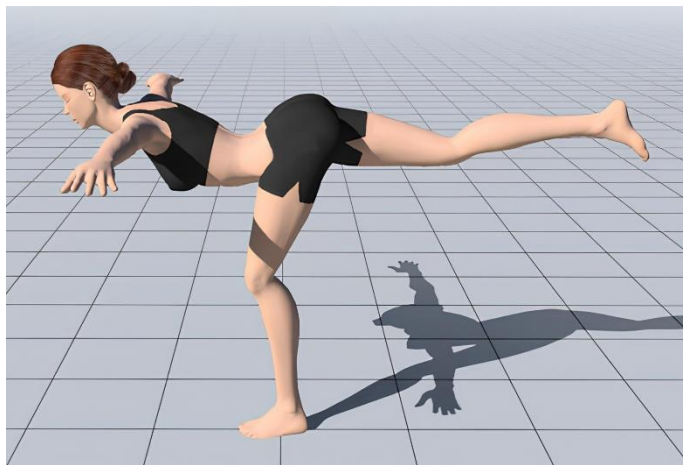
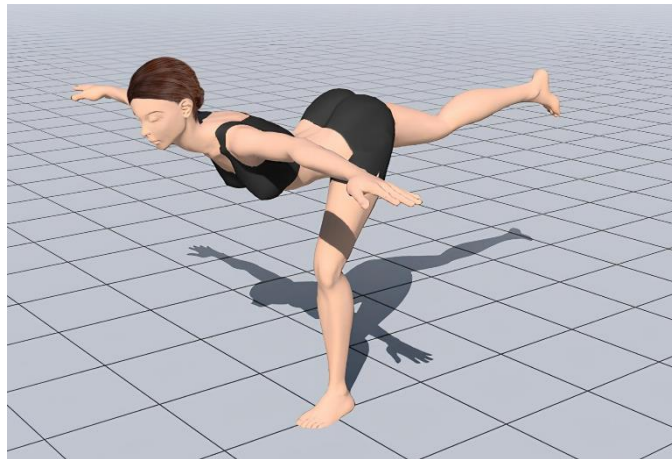
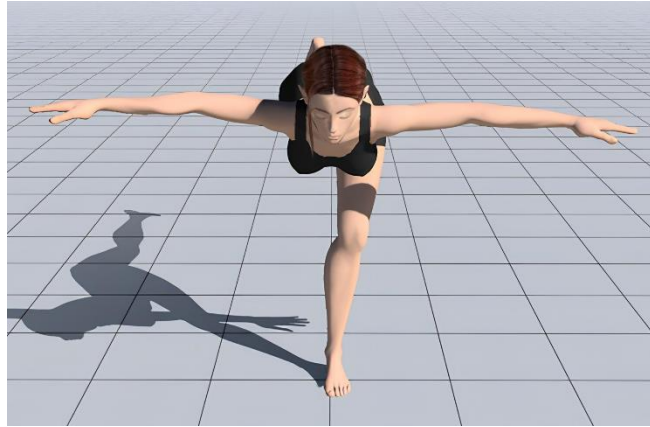


Рисунок 7. – Поза Ромберга 4

*Время удержания устойчивой позы –*

*Степень устойчивости –*

**Оценка результатов**

Оценка «очень хорошо» ставится, если в каждой позе сохраняется равновесие в течение 15 с и при этом не наблюдается пошатывания тела, тремор рук или век.

При треморе выставляется оценка «удовлетворительно». Если равновесие в течение 15 с нарушается, то проба оценивается как «неудовлетворительная».

Покачивание, а тем более быстрая потеря равновесия, указывают на нарушение координации.

Уменьшение времени выполнения пробы Ромберга наблюдается при утомлении, перенапряжениях, в период заболеваний, а также при длительных перерывах в занятиях физкультурой и спортом.

У тренированных людей время устойчивости возрастает по мере улучшения функционального состояния нервно-мышечной системы.

Полученные данные зафиксируйте в тетрадь и сделайте выводы.

### **Выводы:**

---

---

---

### *Задание 2. Тест Яроцкого*

Для оценки состояния вестибулярного анализатора используют простые координационные и вращательные пробы, где имеет место повышенное раздражение вестибулярных рецепторов. Среди вращательных проб самой простой является проба Яроцкого.

#### **Ход работы**

Оценить координацию движений можно при помощи **теста Яроцкого**.

1. Испытуемый находится в исходном положении стоя с закрытыми глазами.

2. По команде экспериментатора испытуемый начинает вращательные движения головой в одну сторону в быстром темпе (со скоростью 2 вращения в 1 с). Для предотвращения падения при выполнении пробы необходимо оказывать страховку испытуемому.

3. В этот момент экспериментатор включает секундомер, фиксируя время сохранения равновесия при вращении головой.

4. Занесите данные, полученные в эксперименте, в тетрадь.

5. Сравните данные, полученные в эксперименте, с нормой и сделайте вывод.



6. Сравните оценки координации движений у спортсменов различной специализации и сделайте вывод.

### ***Время сохранения равновесия –***

#### **Оценка результатов**

По времени, в течение которого обследуемый в состоянии выполнить эту пробу, сохраняя равновесие, судят об устойчивости вестибулярного аппарата. В норме время сохранения равновесия 28 с, спортсмены сохраняют равновесие до 90 с и более.

Индивидуальные колебания времени сохранения устойчивости при проведении пробы Яроцкого довольно велики. Порог уровня чувствительности вестибулярного анализатора в основном зависит от наследственности, но под влиянием тренировки его можно повысить.

#### **Выводы:**

---

---

---

## **Лабораторная работа 7**

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА**

*(проводится в парах)*

Состояние нервно-мышечного аппарата оценивается по данным максимальной частоты движения кисти (теппинг-тест) и точности мышечных усилий (ТМУ).

**Цель работы:** овладеть методикой оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата.

#### **Задание 1. Теппинг-тест (ТТ)**

**Оборудование:** секундомер, калькулятор.

#### **Ход работы**

Максимальную частоту движений определяют по количеству точек (КТ), проставленных на бумаге за 30 с.

1. Квадрат размером 10 x 10 см разделён на 6 прямоугольников.
2. Сидя за столом, испытуемый по команде экспериментатора с максимальной частотой наносит карандашом точки в каждом прямоугольнике в течение 5 с (переход из прямоугольника в прямоугольник происходит строго по номерам, как указано на рисунке ниже).
3. По команде через каждые 5 с (без паузы) испытуемый переносит руку на следующий прямоугольник, продолжая движения с максимальной частотой.
4. Общее время выполнения задания 30 с. По истечении 30 с подается команда «стоп».
5. Подсчитайте количество нанесённых точек в каждом прямоугольнике и сумму всех точек в шести прямоугольниках.
6. Занесите данные, полученные в эксперименте, в протокол опыта.
7. Рассчитайте количество нанесённых точек в секунду (для правой и левой руки).
8. Сделайте выводы.

#### Протокол опыта

	1	2	3	4	5	6	Сумма всех точек в шести прямоугольниках
Количество нанесённых точек в каждом прямоугольнике (правая рука)							
Количество нанесённых точек в каждом прямоугольнике (левая рука)							

#### Обработка результатов

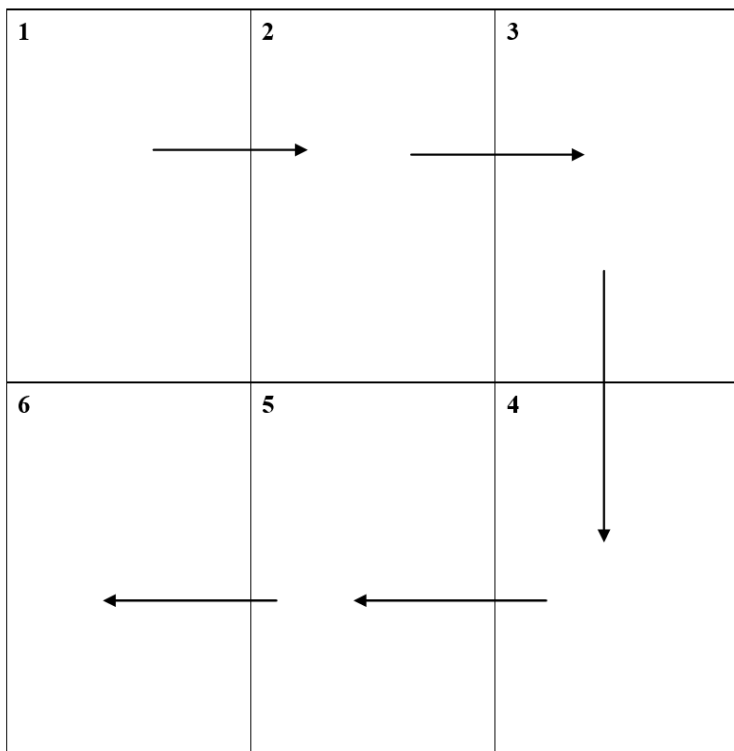
Количество нанесённых точек в секунду рассчитывается по формуле

$$KT = \text{сумма всех точек в шести прямоугольниках} / 30 \text{ с,}$$

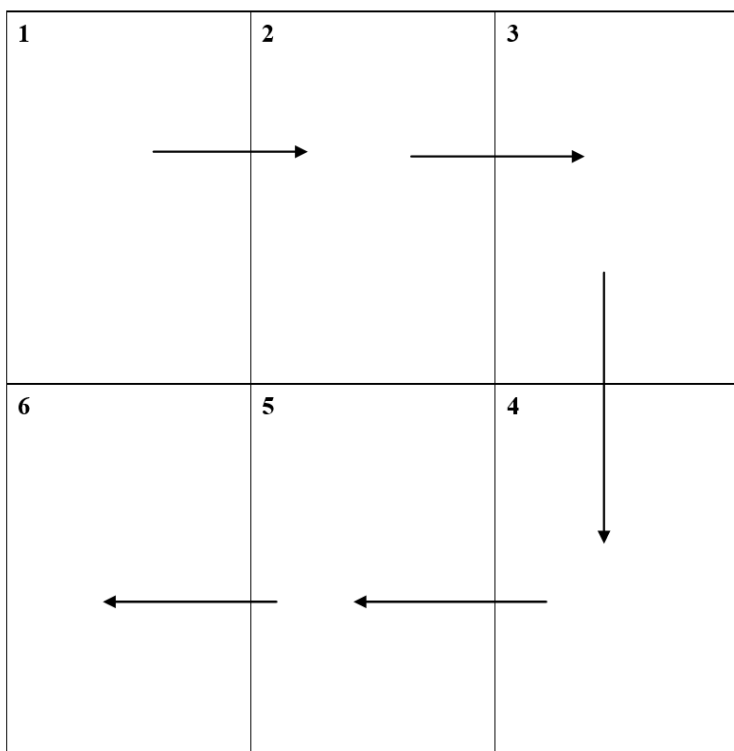
*KT* (правая рука) =

*KT* (левая рука) =

Для правой руки



Для левой руки



## Оценка результатов

Оценка результатов теппинг-теста производится по таблице 9.

Таблица 9. – Оценка теппинг-теста (В. Б. Мандриков, М. П. Мицулина, 2000)

Оценка	Показатели, кол-во точек/с	
	мужчины	женщины
	7,6 и выше	6,5 и выше
	7,0 – 7,5	6,0 – 6,4
	5,9 – 6,9	5,3 – 5,9
	5,8 – 5,3	5,2 – 4,9
	5,2 и ниже	4,8 и ниже

У тренированных спортсменов максимальная частота движений более 70 за 10 с. У спортсменов, тренирующих качество быстроты и ловкости, максимальная частота движений больше, чем у спортсменов, тренирующих на выносливость. Снижение количества точек от прямоугольника к прямоугольнику свидетельствует о недостаточной устойчивости двигательной сферы нервной системы.

### Выводы:

---

---

---

### Задание 2. Определение точности мышечных усилий (ТМУ)

**Оборудование:** кистевой динамометр, секундомер, калькулятор.

*Методика измерения мышечной силы при помощи кистевого динамометра описана в лабораторной работе 5.*

### Ход работы

1. В первой попытке испытуемый выполняет максимальное усилие ( $MU_1$ ) (количество кг).
2. Во второй попытке испытуемый должен выполнить усилие в 50% ( $MU_2$ ) от показанного в первой попытке мышечного усилия без зрительного контроля показаний динамометра.
3. Показания динамометра занесите в тетрадь.

$МУ_1$  –

$МУ_2$  –

4. Рассчитайте процент отклонения от заданного значения и сделайте вывод.

### Обработка результатов

Процент отклонения от заданного значения рассчитывают по формуле

$$ТМУ = \frac{\left( \frac{МУ_1}{2} - МУ_2 \right) \cdot 100\%}{\frac{МУ_1}{2}},$$

где  $МУ_1$  – первое мышечное усилие;

$МУ_2$  – второе мышечное усилие.

$ТМУ =$

### Оценка результатов

Оценка точности мышечных усилий производится по таблице 10.

Таблица 10. – Оценка точности мышечных усилий (В. Б. Мандриков, М. П. Мицулина, 2000)

Оценка	Показатели (%)	
	мужчины	женщины
	0 – 6,6	0 – 4,3
	6,7 – 15,3	4,4 – 15,9
	15,4 – 33,0	16,0 – 39,0
	33,1 – 41,8	39,1 – 50,6
	41,9 и выше	50,7 и выше

**Выводы:**

---

---

---

**Лабораторная работа 8**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УТОМЛЕНИЯ**  
**И СЛЕДОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

*(проводится в парах)*

**Цель:** исследовать физиологические закономерности утомления и следовых изменений работоспособности.

**Оборудование:** секундомер.

**Ход работы:**

1. Испытуемые (4 человека) выполняют отжимание в упоре лежа до отказа. Экспериментатор подсчитывает количество отжиманий.

2. Затем, через интервал отдыха (разный для разных испытуемых: 1 мин, 7 мин, 10–20 мин, 40–50 мин), испытуемые повторно выполняют это же упражнение до отказа. Экспериментатор снова подсчитывает количество отжиманий.

3. Рассчитайте объем последующей работы по отношению к предыдущей, принимаемой за 100%.

4. Результаты занесите в протокол опыта. Сделайте вывод.

**Протокол опыта**

Испытуемый, Ф.И.О.	Результат первой работы, кол. отжиманий	Интервал отдыха, мин	Результат повторной работы, кол. отжиманий	% восстановления
		1		
		7		
		10 – 20		
		40 – 50		

**Выводы**

---

---

---

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учеб. / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М. : Спорт, 2018. – 620 с.
2. Капилевич, Л. В. Физиология человека. Спорт : учеб. пособие для приклад. бакалавриата / Л. В. Капилевич. – М. : Юрайт, 2018. – 141 с.
3. Михайлов, С. С. Биохимия двигательной деятельности : учеб. для вузов и колледжей физ. культуры / С. С. Михайлов. – М. : Человек, 2018. – 296 с.

### *Дополнительная*

4. Биохимия мышечной деятельности в спорте : пособие / И. Л. Гилеп, А. С. Базулько, А. В. Ильютик, И. Н. Рубченя. – Минск : БГУФК, 2019. – 168 с.
5. Капилевич, Л. В. Биохимия человека : учеб. пособие для вузов / Л. В. Капилевич, Е. Ю. Дьякова, Е. В. Кошельская, В. И. Андреев. – М. : Юрайт, 2018. – 151 с.
6. Физиология спорта : курс лекций / сост. О. Н. Малах. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2021. – 132 с.
7. Маринич, В. В. Физиология спорта : электрон. учеб.-метод. комплекс для подготовки студентов специальностей: 6-05-1012-01 «Физическая культура», 6-05-1012-02 «Тренерская деятельность (с указанием вида спорта)», 6-05-1012-03 «Физическая реабилитация и эрготерапия» / В. В. Маринич. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – 344 с.
8. Агаджанян, Н. А. Физиология человека : учебник : курс лекций / Н. А. Агаджанян, Л. З. Тель, В. И. Циркин ; под. ред. акад. РАМН Н. А. Агаджаняна, проф. В. И. Циркина. – СПб. : СОТИС, 1998. – 516 с.
9. Кулиненков, О. С. Биохимия в практике спорта / О. С. Кулиненков, И. А. Лапшин. – М. : Спорт, 2018. – 184 с.
10. Малах, О. Н. Физиология спорта: методические рекомендации для проведения практических и лабораторных работ / О. Н. Малах. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2022. – 47 с.
11. Мандриков, В. Б. Методы оценки физического и функционального состояния студентов специального учебного отделения : учеб.-метод. пособие / В. Б. Мандриков, М. П. Мицулина. – Волгоград : Изд-во ВолГМУ, 2012. – 48 с.